



TUGAS AKHIR - RC141501

**PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG BEST
WESTERN OJ HOTEL PADANG SUMATRA
BARAT, DENGAN MENGGUNAKAN *BASE
ISOLATION HIGH RUBBER BEARING (HDRB)***

ABID FARKHAN
NRP 3115 105 057

Dosen Pembimbing
DATA IRANATA, ST., MT., Ph.D

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - RC141501

**PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG BEST
WESTERN OJ HOTEL PADANG SUMATRA
BARAT, DENGAN MENGGUNAKAN *BASE
ISOLATION HIGH RUBBER BEARING* (HDRB)**

**ABID FARKHAN
NRP 3115 105 057**

**Dosen Pembimbing :
DATA IRANATA, ST., MT., PhD.**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



FINAL PROJECT - RC141501

**STRUCTURE DESIGN OF BEST WESTER OJ
HOTEL BUILDING PADANG WEST SUMATRA
USING BASE ISOLATION, HIGH DAMPING
RUBBER BEARING (HDRB)**

**ABID FARKHAN
NRP 3115 105 057**

**Advisor
DATA IRANATA, ST., MT., Ph.D**

**CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017**

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG BEST WESTERN OJ HOTEL PADANG SUMATRA BARAT, DENGAN MENGUNAKAN *BASE ISOLATION HIGH RUBBER BEARING (HDRB)*

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ABID FARKHAN

NRP. 3115 105 057

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Data Iranata, ST., MT., Ph.D

NIP : 1980 0430 2005 011001



**SURABAYA
JUNI, 2017**

PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG BEST WESTERN OJ HOTEL PADANG SUMATRA BARAT, DENGAN MENGGUNAKAN *BASE ISOLATION HIGH RUBBER BEARING (HDRB)*

Nama Mahasiswa : Abid Farkhan
Nrp : 3115105057
Jurusan : Teknik Sipil FTSP ITS
Dosen Pembimbing : 1. Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D

ABSTRAK

Gedung Hotel Best western OJ Padang, Sumatera Barat merupakan gedung beton bertulang 11 lantai yang dirancang menggunakan teknologi *Base Isolator* sebagai peredam gempa. Penggunaan teknologi base isolator sangat cocok digunakan pada daerah gempa tinggi, dan dapat mereduksi beban gempa yang terjadi dengan cara memperpanjang periode sehingga getaran yang dihasilkan bisa dimimalisir dan kerusakan terhadap bangunan dapat diatasi.

Gedung didesain dengan menggunakan *High Damping Rubber Bearing (HDRB)*. Perancangan dimulai dengan *Preliminary* desain elemen *Fixed Based Structure* dan dianalisa dengan pembebanan gempa Respon spektrum dan Statik ekuivalen menggunakan SAP 2000 v.17. Hasil analisis *Fixed Based Structure* digunakan sebagai parameter menentukan dimensi HDRB dan selanjutnya struktur dianalisis kembali dengan model *Isolation Structure*.

Hasil perancangan *Isolation Structure* meliputi : HDRB dengan $t_{rubber}=200\text{mm}$ (i.e. Ø900 interior dan Ø750 eksterior), struktur sekunder (i.e. plat SD $t=200\text{mm}$, plat S1 $t=150\text{mm}$ dan balok sekunder 500/350), struktur utama (i.e. kolom 750/750, balok 500/700 dan

Ground Beam 450/700) dan struktur bawah (i.e. balok Pengikat 450/700, pile cap $t=1000\text{mm}$, tiang borepile $D=500$ kedalaman 13 m). Semua hasil perhitungan dituangkan dalam gambar teknik.

Kata kunci : *Base Isolator*, HDRB, *Isolation Structure*, Perancangan Struktur, Beton Bertulang.

STRUCTURE DESIGN OF BEST WESTER OJ HOTEL BUILDING PADANG WEST SUMATRA USING BASE ISOLATION, HIGH DAMPING RUBBER BEARING (HDRB)

Student Name : Abid Farkhan
Nrp : 3115105057
Major : Civil Engineering FTSP ITS
Lecturer : 1. Data Iranata, ST.,MT.,Ph.D

ABSTRACT

Hotel Best western OJ building located in Padang, West Sumatra is an 11 stories concrete building planned with *Base Isolator* technology to reduce earthquake. Base isolator technology is suitable to be used in area with high impact of earthquake and it can reduce the earthquake load that occurs by lengthen the periode so that the frequency can be minimized and the damage of the building can be overcome.

The building was planned by using *High Damping Rubber Bearing (HDRB)*. The planning started with *Preliminary* design element *Fixed Based Structure* and analized with response spectrum earthquake load and static equivalent with SAP 2000 v.17. The output analysis of *Fixed Based Structure* used as a parameter to define the dimation of HDRB. Furthermore, the structure would be reanalyzed with *Isolation Structure* model.

The planning results of *Isolation Structure* are: HDRB with $t_{rubber}=200\text{mm}$ (i.e. Ø900 interior and Ø750 ekterior), secondary structure (i.e. plate SD $t=200\text{mm}$, plate S1 $t=150\text{mm}$ and secondary beam 500/350), prime structure (i.e. column 750/750, beam 500/700 and *Ground Beam* 450/700) and ground structure (i.e. beam

connector 450/700, pile cap $t=1000\text{mm}$, borepile $D=500$ depth 13 m). The calculation result was all made in technical representation.

Keywords: *Base Isolator*, HDRB, *Isolation Structure*, Structure Planning, Concrete Structure.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah serta karunia-Nya yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini tepat pada waktunya.

Pada kesempatan ini ijinlah penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar besarnya atas bimbingan dan dorongan tiada henti kepada :

1. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan penuh dan tak pernah lelah untuk memberi nasihat kepada penulis,
2. Bapak Data Iranata, ST, MT, PhD sebagai dosen pembimbing yang memberikan banyak masukan dan arahan dalam penyelesaian Tugas Akhir.
3. Bapak Trijoko Wahyu Adi, ST.,MT.PhD selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil ITS.
4. Bapak Ir Wahyu Herijanto MT, sebagai dosen wali yang selalu memberikan motivasi dan semangat selama menempuh pendidikan di Teknik Sipil ITS.
5. Seluruh dosen pengajar jurusan Teknik Sipil ITS yang secara tidak langsung telah memberikan bimbingan dan ilmu yang sangat bermanfaat kepada penulis.
6. Seluruh teman – teman ITS khususnya Teknik Sipil LJ ITS.
7. Rekan-rekan sekalian yang tidak dapat disebutkan satu-persatu serta semua pihak yang telah banyak membantu.

Dengan segenap kerendahan hati, penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Sehingga, besar harapan adanya koreksi maupun masukan dari semua pihak untuk kesempurnaan tugas akhir ini.

Penulis berdoa semoga apa yang telah dikerjakan dalam tugas akhir ini tidak menjadi hal yang sia-sia dan dapat bermanfaat dikemudian hari bagi siapapun yang membacanya.

Surabaya, Juni 2017

Abid Farkhan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xv

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum	5
2.2 Konsep Base Isolation	7
2.2.1 Karakteristik Base Isolation (HDRB)	9
2.3 Derajat Kebebasan (<i>Degree of Freedom</i>)	11
2.3.1 Persamaan SDOF	11
2.3.2 Persamaan MDOF	13
2.4 Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)	15
2.5 Teori Base Isolation berdasarkan SNI 03-1726-2012	17
2.5.1 Perpindahan Rencana	17
2.5.2 Periode Efektif Pada Saat Perpindahan Rencana	18
2.5.3 Perpindahan Maksimum	18
2.5.4 Periode Efektif Pada Saat Perpindahan Maksimum	19
2.5.5 Perpindahan Total	20
2.5.6 Sistem Isolasi dan Elemen-Elemen Struktural di	

Bawah Sistem Isolasi.....	21
2.5.3 Elemen Struktur di Atas Sistem Isolasi... ..	21
2.5.4 Batas VS... ..	22
2.5.5 Distribusi Vertikal Gaya.....	22
2.6 Perencanaan Pondasi.....	23

BAB III

METODOLOGI

3.1 Pengumpulan Data.....	25
3.1.1 Data Struktur.....	30
3.1.1 Data Literatur.....	31
3.2 Preliminary Design	32
3.3 Permodelan Struktur 3D	33
3.4 Analisis Pembebanan.....	33
3.4.1 Beban Mati... ..	33
3.4.2 Beban Hidup... ..	34
3.4.3 Beban Angin.....	34
3.4.4 Beban Gempa... ..	34
3.4.5 Kombinasi Pembebanan... ..	41
3.5 Pemodelan Base Isolation.....	42
3.5.1 Perencanaan Unit Isolator.....	42
3.6 Kontrol Desain.....	46
3.6.1 Batas Simpangan Antar Lantai.. ..	46
3.6.2 Kontrol Perpindahan Base Isolator.. ..	46
3.6.3 Nilai Respon Spektrum.....	46
3.6.4 Kontrol Partisipasi Massa.....	47
3.7 Penulangan Struktur	47
3.8 Kontrol Penulangan	47
3.9 Penggambaran Hasil Perencanaan.....	50

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Umum Preliminary Design.....	51
4.1.1 Preliminary Design Balok (SNI 2847-2013 pasal 9.5.2.2,tabel 9.5(a))3.....	52

4.1.2 Preliminary Design Pelat.....	55
4.1.3 Preliminary Design Kolom.....	60
4.2 Perencanaan Struktur Sekunder.....	64
4.2.1 Perencanaan Pelat.....	64
4.2.2 Perencanaan Struktur Tangga.....	75
4.2.3 Perencanaan Tulangan Ramp.....	86
4.2.4 Perencanaan Balok Anak.....	93
4.2.5 Perencanaan Balok Lift.....	103
4.3 Pembebanan Dan Analisis Struktur.....	112
4.3.1 Permodelan Struktur.....	112
4.3.2 Pembebanan.....	112
4.3.3 Kombinasi Pembebanan.....	123
4.3.4 Kontrol Partisipasi Massa.....	125
4.3.5 Hasil Analisa Fixed Base Structure.....	126
4.3.6 Perhitungan Sistem Struktur Base Isolator.....	130
4.4 Perencanaan Struktur Utama.....	149
4.4.1 Perencanaan Balok Induk.....	149
4.4.2 Perencanaan Kolom.....	164
4.4.3 Balok Tinggi.....	177
4.5 Perencanaan Struktur Bawah.....	184
4.5.1 Desain Balok Pengikat.....	184
4.5.2 Pondasi Borepile.....	187
4.5.3 Dinding Penahan Tanah.....	204

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	211
5.2 Saran.....	214

DAFTAR PUSTAKA.....

LAMPIRAN.....

BIODATA PENULIS.....

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Prilaku gedung yang menggunakan base isolator (Ismail, 2012).....	8
Gambar 2.2	High Damping Rubber Bearing (Teruna, 2005).....	9
Gambar 2.3	Struktur SDOF akibat Base Motion (P.Joseph,1988).....	12
Gambar 2.4	Sistem Rangka Pemikul Momen (Imran, Iswandi, 2010).....	16
Gambar 2.5	Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Beban Kolom.....	26
Gambar 2.6	Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Tiang Pancang.....	27
Gambar 3.1	Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	29
Gambar 3.2	Diagram Alir Perencanaan Tugas Akhir.....	30
Gambar 3.3	SS, Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-terselesaikan (MCER), kelas situs SB....	38
Gambar 3.4	S1, Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-terselesaikan (MCER), kelas situs SB....	39
Gambar 3.5	Spektrum Respon Desain (SNI 1726:2012 gambar 1).....	40
	Permodelan seismic isolation.....	44
	Input Spesifikasi HDRB.....	44
	Input Directional Properties HDRB.....	45
	Assign Base Isolator HDRB pada SAP 2000..	46
Gambar 4.1	Jenis Balok Gedung Hotel	53
Gambar 4.2	Contoh bagian slab yang disertakan dengan balok (Sumber : SNI 2847-2013, pasal 13.2.4, hal 128).....	55
Gambar 4.3	Preliminary Pelat S1.....	56
Gambar 4.4	Penentuan Be efektif.....	57
Gambar 4.5	Tributari Area Kolom.....	61

Gambar 4.6	Pelat yang Direncanakan.....	69
Gambar 4.7	Detail Tebal Pelat.....	70
Gambar 4.8	Tampak Atas Tangga 1.....	76
Gambar 4.9	Tampak Samping Tangga 1.....	76
Gambar 4.10	Permodelan Struktur Tangga 1.....	78
Gambar 4.11	Gaya Dalam pada Tangga.....	80
Gambar 4.12	Balok Bordes Tangga.....	86
Gambar 4.13	Model Ramp.....	86
Gambar 4.14	Balok Ramp.....	92
Gambar 4.15	Balok Anak Atap.....	93
Gambar 4.16	Detail Penulangan Balok Anak BA 1.....	103
Gambar 4.17	Pembebanan Balok Lift.....	106
Gambar 4.18	Pembebanan Balok Lift.....	108
Gambar 4.19	Reaksi Balok Lift.....	109
Gambar 4.10	Detail Penulangan Balok Lift.....	112
Gambar 4.11	Hasil Grafik Spektrum Respon Desain.....	119
Gambar 4.12	Ruangan Pemeriksaan Base Isolator dengan ketinggian (h) 2 m.....	131
Gambar 4.13	Sampel titik reaksi terbesar pada kolom interior dan eksterior (Pada Lingkaran Merah dan Biru).....	133
Gambar 4.14	Properties Desain HDRB Interior HH90X6R..	137
Gambar 4.15	Properties Desain HDRB Eksterior HH75X6R..	137
Gambar 4.16	Permodelan 3D Isolation Stucture Pada SAP 2000.....	142
Gambar 4.17	Input seismic isolation.....	143
Gambar 4.18	Input Spesifikasi HDRB.....	143
Gambar 4.19	Input directional properties HDRB.....	144
Gambar 4.20	Assign Base Isolator Pada SAP 2000 v.17.....	145
Gambar 4.21	Pergerakan Isolation Structure Akibat Beban Gempa.....	145
Gambar 4.22	Gambar Pemutusan Tulangan.....	161
Gambar 4.23	Penampang Balok Induk.....	163
Gambar 4.24	Penulangan Balok Induk.....	164

Gambar 4.25	Grafik Interaksi Aksial dan Momen pada Kolom.....	167
Gambar 4.26	Ilustrasi Kuat Momen yang Bertemu di Balok.....	169
Gambar 4.27	Grafik Intereksi Aksial dan Momen Pada Kolom.....	170
Gambar 4.28	Hubungan Balok dan Kolom.....	174
Gambar 4.29	Gaya Geser Balok dan Kolom.....	176
Gambar 4.30	Penampang Kolom Struktur.....	177
Gambar 4.31	Balok Tinggi (BT = 800/1500).....	178
Gambar 4.32	Gaya tras (Tekan dan Tarik).....	179
Gambar 4.33	Penampang Balok Tinggi.....	183
Gambar 4.34	Penulangan Balok Tinggi.....	184
Gambar 4.35	Interaksi aksial dan momen Sloof.....	187
Gambar 4.36	Denah Pondasi.....	189
Gambar 4.37	Data Tanah SPT.....	190
Gambar 4.38	Dimensi Pilecap.....	194
Gambar 4.39	Grafik Interaksi Aksial dan Momen pada pile..	197
Gambar 4.40	Penulangan Geser Spiral.....	198
Gambar 4.41	Geser satu arah.....	200
Gambar 4.42	Geser pons.....	201
Gambar 4.43	Pembebanan Pilecap P1.....	202
Gambar 4.44	Skema Pembebanan dan Reaksi dinding.....	206
Gambar 4.45	Penulangan Dinding Penahan Tanah.....	208

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel	2.1	Koefisien redaman, BD atau BM.....	17
Tabel	3.1	Kategori Resiko Bangunan	35
Tabel	3.2	Klasifikasi Situs	36
Tabel	3.3	Koefesien Situs, Fa.....	37
Tabel	3.4	Koefesien Situs, Fv.....	38
Tabel	3.5	Kategori Desain Seismik (KDS) berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek.....	41
Tabel	3.6	Kategori Desain Seismik (KDS) berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik.....	41
Tabel	3.7	Dimension and Performance Properties of HDR.....	43
Tabel	3.8	Karakteristik Desain HDRB.....	43
Tabel	4.1	Preliminary Desain Balok Induk.....	53
Tabel	4.2	Rekap Preliminary Desain Balok Anak.....	54
Tabel	4.3	Rekap Preliminary Pelat.....	59
Tabel	4.4	Rekap Preliminary Kolom.....	63
Tabel	4.5	Rekap Perhitungan Pelat.....	75
Tabel	4.6	Rangkuman Hasil Perhitungan Berat Struktur Per Lantai.....	113
Tabel	4.7	Perhitungan Nilai \bar{N}	115
Tabel	4.8	Periode Fundamental (T) dan Perc. Respon Spektra (Sa).....	117
Tabel	4.9	Nilai Tc dari Output SAP.....	120
Tabel	4.10	Perhitungan Eksentrisitas Terhadap Pusat Massa dan Pusat Kekakuan Bangunan Aktual.....	122
Tabel	4.11	Pusat Massa Baru.....	123
Tabel	4.12	Rasio Partisipasi Massa.....	126
Tabel	4.13	Gaya Geser Dasar Dinamik dan Statik.....	127

Tabel	4.14	Simpangan arah X.....	128
Tabel	4.15	Simpangan arah Y.....	129
Tabel	4.16	Dimension and Performance Properties of HDRB, Total Rubber Thickness 200 mm...	134
Tabel	4.17	Dimension and Performance Properties of HDRB Total Rubber Thickness 200 mm (Lanjutan).....	135
Tabel	4.18	Karakteristik Desain HDRB.....	135
Tabel	4.19	Koefisien redaman BD atau BM.....	137
Tabel	4.20	Perbandingan V base isolator dan V Fix base.....	145
Tabel	4.21	Kontrol Perpindahan dan Simpangan Antar Lantai Portal Arah x.....	146
Tabel	4.22	Kontrol Perpindahan dan Simpangan Antar Lantai Portal Arah y.....	147
Tabel	4.23	Perbandingan Simpangan Base Isolator dan Fixbase.....	148
Tabel	4.24	Partisipasi Masa Base Isolator.....	149
Tabel	4.25	Tabel Reaksi Balok.....	150
Tabel	4.26	Momen Probabilitas.....	156
Tabel	4.27	Reaksi Momen.....	164
Tabel	4.28	Data tanah.....	190
Tabel	4.29	Reaksi Pondasi.....	192
Tabel	4.30	Jarak Titik Pancang Ekterior.....	194
Tabel	4.31	Jarak Titik Pancang Interior.....	195
Tabel	4.32	Penulangan pelat pilecap P1.....	203
Tabel	5.1	Rekapitulasi Hasil Perancangan Struktur Sekunder.....	212
Tabel	5.2	Rekapitulasi Hasil Perancangan Struktur Primer.....	213
Tabel	5.3	Rekapitulasi Hasil Perancangan Struktur Bawah.....	213

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Padang merupakan salah satu kawasan yang berpotensi terkena gempa. Hal ini disebabkan karena Padang termasuk ke dalam wilayah di Propinsi Sumatra Barat yang letaknya berada pada zona pertemuan antara dua lempeng tektonik, adanya Patahan Besar Sumatra, dan gunung berapi yang masih aktif. Hal ini yang menyebabkan kota Padang di Sumatra Barat memiliki percepatan gempa yang tinggi.

Parameter gempa inilah yang sangat berpengaruh langsung, yaitu menimbulkan percepatan tanah yang akan bekerja pada massa bangunan. Percepatan yang ditimbulkan akibat gempa dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kekuatan gempa bumi (magnitudo), kedalaman gempa, jarak pusat gempa ke bangunan, jenis tanah sebagai media perambatan gelombang gempa ke bangunan yang dituju (Ismail, 2012).

Meskipun pernah terjadi gempa pada tahun 2009, pembangunan kota Padang terus dikembangkan karena tingginya minat investor untuk menanamkan modalnya di kota Padang. Dengan pembangunan hotel di kota Padang yang semakin mengalami perkembangan, tentunya konstruksi bangunan juga harus dikembangkan. Maka konstruksi bangunannya pun harus mengacu pada konsep bangunan tahan gempa. Hal ini bertujuan agar hotel yang dibangun di kota Padang sebagai salah satu penunjang pariwisata memiliki daya tahan yang kuat terhadap gempa. Salah satu hotel yang didesain dan dibangun adalah hotel Best Western OJ. Proyek hotel Best Western OJ terletak di jalan Taman Siswa No. 1A Padang – Sumatera Barat, dengan luas bangunan 12.057 m² dan memiliki ketinggian 11 lantai.

Dalam konstruksi bangunan sebaiknya tidak hanya mementingkan aspek keindahan arsitektur, tetapi harus memperhatikan juga aspek keselamatan para penghuni di dalamnya. Salah satu filosofi bangunan tahan gempa adalah

bangunan tersebut harus mampu menahan beban gempa yang ada, tidak terjadi kerusakan berat pada struktur jika terkena beban gempa. Karena pada dasarnya prinsip bangunan tahan gempa adalah boleh terjadi kerusakan pada elemen struktur, atau paling tidak kerusakan atau keruntuhan bangunan tersebut diperlambat agar para penghuni didalamnya mempunyai waktu untuk mengevakuasi diri dan dapat menjaga keamanan jiwa.

Untuk memastikan kinerja fungsional dari gedung-gedung bertingkat tinggi maka diperlukan penerapan konsep bangunan tahan gempa. Penerapan konsep bangunan tahan gempa dapat dilakukan dengan berbagai sistem struktur, salah satunya dengan menambah kekakuan lateral bangunan menggunakan dinding penahan geser (*Shear Wall*) atau *Bracing*. Namun penerapan sistem ini dapat memperbesar gaya gempa yang bekerja pada bangunan. Akibatnya hasil dari sistem ini kurang memuaskan, karena kerusakan elemen baik struktural maupun non-struktural umumnya disebabkan adanya perbedaan simpangan antar tingkat (*interstory drift*). Untuk memperkecil *interstory drift* dapat dilakukan dengan memperkaku bangunan dalam arah lateral. Metode yang lebih baik adalah dengan meredam energi gaya gempa sampai pada tingkat yang tidak membahayakan bangunan (Teruna, 2005). Suatu elemen yang dapat mereduksi atau memperkecil gaya gempa salah satunya adalah *base isolator*.

Ada banyak jenis base isolator yang digunakan pada metode base isolation, yang sering digunakan salah satunya adalah tipe *High Damping Rubber Bearing* (HDRB). HDRB merupakan bahan anti seismik yang dikembangkan dari karet alam yang mempunyai kekakuan horizontal yang relatif kecil dan dicampur dengan *extrafine carbon black*, oil atau resin, serta bahan isian lain sehingga meningkatkan dampig antara 10% sampai 20% pada shear strain 100%. Untuk dapat menahan beban vertikal yang cukup besar, maka karet diberi lempengan baja yang dilekatkan dengan sistem vulkanisir. HDRB umumnya dibedakan atas tiga jenis berdasarkan modulus geser yakni : Soft dengan modulus

geser $G = 0.4$ Mpa, Normal dengan $G = 0.8$ Mpa, dan Hard dengan $G = 1.4$ Mpa (Teruna, 2005).

Pada tugas akhir ini diambil kajian mengenai perencanaan struktur bangunan hotel Best Western OJ yang di jalan Taman Siswa No. 1A Padang – Sumatera Barat, dengan luas bangunan 12.057 m^2 dan memiliki ketinggian 13 lantai dengan menggunakan *base isolator* jenis HDRB (*High Damping Rubber Bearing*).

1.2 Rumusan Masalah

Secara umum berdasarkan latar belakang diatas, terdapat beberapa masalah yang harus dibahas yaitu :

1. Bagaimana memodelkan gedung hotel Best Western OJ Padang, Sumatra Barat dengan program bantu SAP 2000 sebagai model 3 dimensi dengan penambahan base isolator jenis HDRB (*High Damping Rubber Bearing*) ?
2. Bagaimana cara merencanakan Base Isolator jenis HDRB (*High Damping Rubber Bearing*) pada Gedung OJ Hotel Padang
3. Bagaimana merencanakan struktur gedung hotel Best Western OJ Padang, Sumatra Barat ?
4. Bagaimana menggambarkan perhitungan struktur dalam bentuk gambar teknik?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Memodelkan pemodelan gedung hotel Best Western OJ Padang, Sumatra Barat dengan program bantu SAP 2000 sebagai model 3 dimensi dengan penambahan base isolator jenis HDRB (*High Damping Rubber Bearing*).
2. Merencanakan Base Isolator jenis HDRB (*High Damping Rubber Bearing*) pada Gedung OJ Hotel Padang
3. Merencanakan struktur gedung hotel Best Western OJ Padang, Sumatra Barat.
4. Menggambarkan perhitungan struktur dalam bentuk gambar teknik.

4.1 Batasan Masalah

Untuk menghindari terlalu luasnya cakupan yang dibahas maka diperlukan batasan pengerjaan dalam Tugas Akhir ini, diantaranya:

1. Tidak meninjau analisis biaya
2. Tidak meninjau manajemen pelaksanaan
3. Tidak meninjau segi arsitektural
4. Program yang digunakan adalah SAP 2000
5. Perencanaan struktur utama meliputi kolom, balok, dan *base isolator*.
6. Perencanaan struktur sekunder meliputi plat lantai, tangga, dan *lift*.
7. Perencanaan struktur pondasi

4.2 Manfaat

Dengan penulisan tugas akhir ini, diharapkan akan didapatkan disain *base isolator* yang sesuai pada bangunan gedung OJ Hotel, mengetahui pengaruh kinerja *base isolator* dalam meredam gaya gempa serta mengetahui besar beban yang bisa direduksi ke struktur gedung OJ Hotel. Mendapatkan dimensi struktur yang memenuhi persyaratan keamanan dan kestabilan struktur, serta berguna untuk memberikan masukan atau referensi untuk merencanakan struktur tahan gempa.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Secara geografis, kepulauan Indonesia Gempa bumi (*earthquake*) adalah peristiwa alam yang dapat menimbulkan bencana, yang pada umumnya mengakibatkan rusak atau runtuhnya gedung, rumah, atau bangunan buatan manusia yang lainnya. Kerusakan yang terjadi pada suatu bangunan struktur tanpa atau dengan kita sadari pasti akan menimbulkan efek pada bangunan struktur dalam menerima beban.

Getaran gempa dapat disebabkan oleh banyak hal antara lain peristiwa vulkanik, yaitu gempa yang disebabkan oleh kegiatan gunung api. Magma yang berada pada kantong di bawah gunung tersebut mendapat tekanan dan melepaskan energinya secara tiba-tiba sehingga menimbulkan getaran tanah. Kemudian diakibatkan oleh peristiwa tektonik, yaitu di sebabkan oleh pergeseran lempeng tektonik. Lempeng tektonik bumi kita ini terus bergerak, ada yang saling mendekat saling menjauh, atau saling menggeser secara horizontal (Mustofa, 2010).

Metode yang lebih baik untuk memperkecil energi gempa yang bekerja sampai pada tingkat yang tidak membahayakan bangunan dengan menambahkan bahan anti seismik (*seismic device*) pada bagian tertentu bangunan sesuai dengan fungsinya masing-masing.

Seismic devices adalah alat yang dipasang pada bangunan untuk membatasi energi atau mendissipasi energi gempa yang masuk ke dalam struktur bangunan. *Seismic devices* bekerja dengan merubah kekakuan, *damping* dan menambah massa ke struktur. *Seismic device* dapat digolongkan kedalam 4 sistem yaitu : sistem kontrol pasif, sistem kontrol aktif, semi aktif, sistem isolasi (Pratiwi, 2013).

Sistem kontrol pasif tidak membutuhkan sumber energi untuk menghasilkan gaya kontrol pada struktur. Pada sistem kontrol pasif gaya kontrol dihasilkan oleh sistem itu sendiri yang timbul karena adanya gerakan relatif dari titik-titik bagian struktur sendiri. Sistem ini didesain untuk menyerap sebagian besar energi gempa yang masuk kedalam struktur dengan alat khusus yang dipasang pada bangunan. Alat khusus ini disebut damper. Tujuan dari sistem ini adalah menyediakan penyerap energi tambahan untuk mengurangi respon akibat gempa secara signifikan. Dengan menggunakan sistem ini, bangunan tersebut akan meredam energi gempa melalui deformasi inelastik atau gesekan yang terjadi pada alat tersebut, tergantung pada jenis damper yang digunakan, seperti : *Metallic yielding damper*, *Viscoelastic damper*, *Friction damper*, *Fluid damper*, *Tune mass damper*, dan *Tune liquid damper*.

Sistem kontrol aktif bekerja dengan memberikan gaya pada struktur untuk melawan gaya gempa yang diinduksi. Sistem ini dikatakan aktif karena bertumpu pada kendali komputer dalam melindungi struktur akibat gempa. Tidak seperti sistem kontrol pasif, sistem kontrol aktif membutuhkan energi luar untuk menggerakkan aktuator untuk menghasilkan gaya kontrol yang diinginkan struktur. Untuk mengukur respon struktur dibutuhkan sebuah sensor yang dihubungkan dengan komputer. Sensor akan mengirimkan informasi tentang respon struktur ke komputer dan komputer akan menentukan besarnya gaya yang diinginkan aktuator berdasarkan informasi tersebut. Kelebihan sistem kontrol aktif adalah menghasilkan respon struktur yang sesuai dengan besarnya gaya gempa yang terjadi pada bangunan, sedangkan kekurangannya adalah biaya yang tinggi karena membutuhkan energi dari luar yang cukup besar. Contoh alat damper untuk sistem aktif adalah seperti: *Active Mass Damper*, *Active Gyro Stabilizer*, *Rotor Jet*, *Aerodynamic Appendages*, *Active Variable Stiffness* (Bharadwaj, 2010).

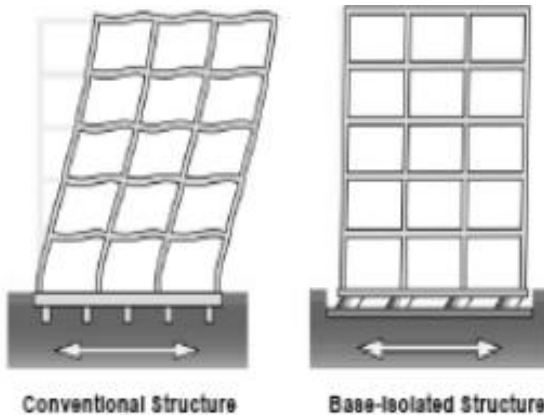
Sistem kontrol semi aktif tidak jauh berbeda dengan sistem kontrol aktif, hanya saja sistem ini menggunakan energi luar yang lebih kecil dibanding sistem kontrol aktif untuk meredam gaya gempa. Contoh alat damper untuk sistem semi aktif adalah seperti *Variable Orifice Damper*, *Variable Friction Damper*, *Controllable Fluid Damper* (Bharadwaj, 2010).

Sistem isolasi merupakan sebuah sistem yang menggunakan bantalan karet berkekuatan tinggi yang dipasang diantara pondasi dan bangunan. Sistem ini bekerja dengan menjaga struktur diatasnya sebagai satu kesatuan. Pada saat terjadi gempa, masing-masing struktur bangunan akan bergetar akibat dari pergerakan tanah yang mempengaruhi pondasi bangunan. Karena pergerakan tanah yang terjadi bersifat acak maka getaran yang memasuki struktur juga tidak selaras, hal ini menyebabkan bangunan yang bersifat kaku mudah runtuh. Pada bangunan yang menggunakan base isolator, getaran yang terjadi pada pondasi akan melewati bantalan karet terlebih dahulu sebelum memasuki sistem struktur. Karena karet bersifat elastis maka arah getaran yang terjadi secara acak hanya akan mempengaruhi base isolator, sedangkan struktur diatasnya akan bergetar atau bergerak sebagai satu kesatuan struktur (Pratiwi dan Teruna 2013).

2.2. Konsep Seismic Base Isolation

Base isolator merupakan sebuah bantalan karet berkekuatan tinggi yang dipasang diantara pondasi dan bangunan. Sistem ini bekerja dengan menjaga struktur diatasnya sebagai satu kesatuan. Pada saat terjadi gempa, masing-masing struktur bangunan akan bergetar akibat dari pergerakan tanah yang mempengaruhi pondasi bangunan. Karena pergerakan tanah yang terjadi bersifat acak maka getaran yang memasuki struktur juga tidak selaras, hal ini menyebabkan bangunan yang bersifat kaku mudah runtuh. Pada bangunan yang menggunakan base isolator, getaran yang terjadi pada pondasi akan melewati bantalan karet terlebih dahulu

sebelum memasuki system struktur. Karena karet bersifat elastis maka arah getaran yang terjadi secara acak hanya akan mempengaruhi base isolator, sedangkan struktur diatasnya akan bergetar atau bergerak sebagai satu kesatuan struktur. Perbandingan antara bangunan konvensional dengan bangunan yang menggunakan base isolator dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Prilaku gedung yang menggunakan base isolator (Ismail, 2012)

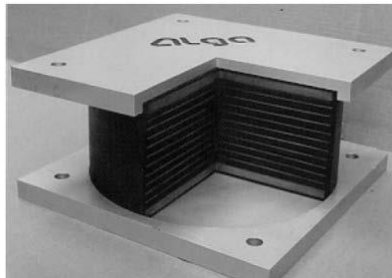
Kelly (2001) mendefinisikan bahwa seismic isolation sebagai bagian yang dapat memisahkan struktur atas dengan pondasi, atau bagian lain yang memang dapat memisahkan struktur atas dengan struktur bawah. Untuk selanjutnya base isolation biasanya sekarang disebut dengan seismic isolation karena memang diciptakan untuk mengantisipasi beban-beban seismic (gempa).

Desain sistem isolation dan prosedur evaluasi menghasilkan gaya geser maximum, displacement dan gaya pada struktur untuk setiap level gempa DBE (Design Basis Earthquake) dan MCE (Maximum Capable Earthquake). Gaya elastis yang dihasilkan

akan disalurkan melalui sistem isolation kepada struktur di atasnya. Meskipun gedung yang menggunakan base isolation memiliki gaya yang lebih kecil dibandingkan dengan gedung yang non-isolated, ini masih belum efektif untuk mendapatkan desain elastis pada level MCE dan terkadang diijinkan terjadi leleh pada level DBE (Kelly 2001).

2.2.1. Mekanikal Karakteristik *Base Isolation (HDRB)*

High damping rubber bearing merupakan bahan anti seismik yang dikembangkan dari karet alam yang mempunyai kekakuan horizontal yang relatif kecil dan dicampur dengan extra fine carbon block, oil atau resin, serta bahan isian lainnya sehingga meningkatkan damping antara 10% - 20% pada shear strain 100% dengan modulus geser soft ($G = 0,4 \text{ MPa}$) dan hard ($G = 1,4 \text{ MPa}$). Untuk dapat menahan beban vertikal yang cukup besar, maka karet diberi lempengan baja. (Dwita 2012).



Gambar 2.2. *High Damping Rubber Bearing* (Teruna, 2005)

Bantalan pada sistem isolasi seismik harus didesain dengan cermat untuk memastikan agar bangunan yang ditopangnya tetap berdiri ketika dan setelah gempa terjadi serta mendapatkan dimensi struktur optimum (ekonomis) pada bangunan yang direncanakan. Adapun tahap-tahap dalam mendesain *high damping rubber bearing* adalah:

- a. Menentukan berat struktur untuk masing-masing kolom (w) dan berat struktur total (Wt) dan reaksi-reaksi yang terjadi pada struktur melalui program analisa struktur.
- b. Menentukan ketebalan rubber
- c. Menentukan kekakuan horizontal (K_H) aktual elastomer

$$K_H^1 = \frac{m \times \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2}{Pj.bentang} \quad (2.1)$$

- d. Menentukan luasan rubber dengan rumus lain kekakuan horizontal

$$K_H^1 = \frac{G_t \times A}{t_r} \Rightarrow A = \frac{K_H \times t_r}{G_t}$$

(2.2)

dimana:

G = modulus geser karet (MPa)

A = luas penampang elastomer (mm²)

tr = total tebal karet (mm)

- e. Menentukan diameter rubber
Dari hasil luasan yang diketahui dari perhitungan sebelumnya dapat diketahui diameternya.

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \Rightarrow D = \sqrt{\frac{(4A)}{\pi}}$$

(2.3)

- f. Menentukan data-data yang berkaitan dengan properti dimensi, yang dapat dilihat dari brosur yang akan digunakan.

2.3. Derajat Kebebasan (Degree Of Freedom)

Derajat kebebasan (*degree of freedom*) adalah derajat independensi yang diperlukan untuk menyatakan posisi suatu sistem pada setiap saat. Pada masalah dinamika, setiap titik massa pada umumnya hanya diperhitungkan berpindah dalam satu arah saja yaitu arah horizontal. Karena simpangan yang terjadi hanya terjadi dalam satu bidang atau dua dimensi, maka simpangan suatu massa pada setiap saat hanya mempunyai posisi atau ordinat tertentu baik bertanda negatif ataupun bertanda positif.

Pada kondisi dua dimensi tersebut, simpangan suatu massa pada saat t dapat dinyatakan dalam koordinat tunggal yaitu $Y(t)$. Struktur seperti itu dinamakan struktur dengan derajat kebebasan tunggal (*SDOF system*).

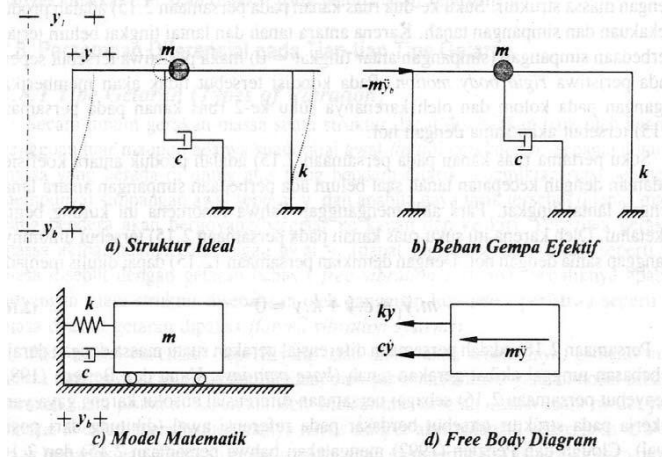
Dalam model system SDOF atau berderajat kebebasan tunggal, setiap massa m , kekakuan k , mekanisme kehilangan atau redaman c , dan gaya luar yang dianggap tertumpu pada elemen fisik tunggal. Struktur yang mempunyai n -derajat kebebasan atau struktur dengan derajat kebebasan banyak disebut *multi degree of freedom (MDOF)*. Akhirnya dapat disimpulkan bahwa jumlah derajat kebebasan adalah jumlah koordinat yang diperlukan untuk posisi suatu massa pada saat tertentu.

2.3.1 Persamaan Difrensial Struktur SDOF akibat Base Motion

Beban dinamik yang umum dipakai pada analisi struktur selain beban angin adalah beban gempa. Gempa bumi akan mengakibatkan permukaan tanah bergetar yang getarannya direkam dalam bentuk aselogram. Tanah yang bergetar akan menyebabkan semua benda yang berada diatas bergetar termasuk struktur bangunan.

Untuk menyusun persamaan diferensial gerakan massa akibat gerakan tanah maka anggapan diatas tetap dipakai, yaitu tanah menyatu secara kaku dengan kolom atau kolom dianggap terjepit pada ujung bawahnya. Pada kondisi tersebut ujung bawah kolom dan tanah dasar bergerak secara bersamaan. Persamaan

diferensial gerakan massa struktur SDOF akibat gerakan tanah selanjutnya dapat diturunkan dengan mengambil model seperti pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Struktur SDOF akibat *Base Motion*
(P.Joseph, 1988)

Apabila beban dinamik $P(t)$ bekerja kearah kanan, maka akan terdapat perlawanan pegas, damper dan gaya redaman seperti gambar 2.4.c. gambar-gambar tersebut umumnya disebut *free body diagram*. Berdasarkan prinsip keseimbangan dinamik pada *free body diagram* tersebut, maka dapat diperoleh hubungan :

$$p(t) - f_s - f_D = m.u \text{ atau } p(t) = m.u + f_s + f_D \quad (2.4)$$

Dimana :

$$f_D = c.u \quad (2.5)$$

$$f_s = k.u \quad (2.6)$$

Apabila persamaan 2.5 dan 2.6 disubstitusikan kepersamaan 2.4, maka akan diperoleh :

$$mu + cu + ku = p(t) \quad (2.7)$$

Berdasarkan pada *free body diagram* seperti Gambar 2.3 diatas maka deformasi total yang terjadi adalah :

$$u^t(t) = u(t) + u_g(t) \quad (2.8)$$

Dari free body diagram yang mengandung gaya inersia f_i tampak bahwa persamaan kesetimbangannya menjadi.

$$f_i + f_D + f_s = 0 \quad (2.9)$$

Dimana inersia adalah,

$$f_i = mu^t \quad (2.10)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan 2.4 dan 2.5 ke persamaan 2.7 dan 2.8. sehingga diperoleh persamaannya sebagai berikut :

$$mu + cu + ku = mu_g(t) \quad (2.11)$$

Persamaan diferensial gerakan tersebut umumnya disusun berdasarkan atas goyangan struktur menurut *first mode* atau *mode pertama* seperti pada gambar 2.3

2.3.2 Persamaan Diferensial Struktur MDOF

Untuk menyatakan persamaan diferensial gerakan pada struktur dengan derajat kebebasan banyak maka dipakai anggapan dan pendekatan seperti pada struktur dengan derajat kebebasan tunggal SDOF. Anggapan seperti prinsip shear building masih berlaku pada struktur dengan banyak derajat kebebasan (MDOF).

Untuk memperoleh persamaan diferensial tersebut, maka tetap dipakai prinsip keseimbangan dinamik (dynamic equilibrium) pada suatu massa yang ditinjau. Untuk memperoleh persamaan tersebut maka diambil model struktur MDOF.

Berdasarkan pada kesimbangan dinamik pada *free body* diagram, disusun persamaan maka akan diperoleh :

$$m_1 u_1 + k_1 u_1 + c_1 u_1 - k_2 (u_2 - u_1) - c_2 (u_2 + u_1) - F_1(t) = 0 \quad (2.12)$$

$$m_2 u_2 - k_2 (u_2 + u_1) + c_2 (u_2 - u_1) - k_2 (u_2 - u_1) - c_2 (u_3 - u_2) - F_2(t) = 0 \quad (2.13)$$

$$m_3 u_3 + k_3 (u_2 - u_1) + c_3 (u_3 - u_2) - F_3(t) = 0 \quad (2.14)$$

Pada persamaan-persamaan tersebut diatas tampak bahwa keseimbangan dinamik suatu massa yang ditinjau ternyata dipengaruhi oleh kekakuan, redaman dan simpangan massa sebelum dan sesudahnya.

Selanjutnya dengan menyusun persamaan-persamaan diatas menurut parameter yang sam (percepatan, kecepatan dan simpangan) selanjutnya akan diperoleh :

$$m_1 u_1 + (c_1 + c_2) u_1 - c_2 u_2 + (k_1 + k_2) u_1 - k_2 u_2 = F_1(t) \quad (2.15)$$

$$m_2 u_2 + c_2 u_1 - (c_2 + c_3) u_2 + c_3 u_3 + (k_2 + k_3) u_2 - k_3 u_3 = F_2(t) \quad (2.16)$$

$$m_3 u_3 + c_3 u_2 - c_3 u_3 - k_3 u_2 + k_3 u_3 = F_3(t) \quad (2.17)$$

Persamaan-persamaan diatas dapat ditulis dalam bentuk matrik sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{u}_1 \\ \ddot{u}_2 \\ \ddot{u}_3 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} c_1 + c_2 & -c_2 & 0 \\ -c_2 & c_2 + c_3 & -c_3 \\ 0 & -c_3 & c_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{u}_1 \\ \dot{u}_2 \\ \dot{u}_3 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 & 0 \\ -k_2 & k_2 + k_3 & -k_3 \\ 0 & -k_3 & k_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} F_1(t) \\ F_2(t) \\ F_3(t) \end{Bmatrix}$$

$$[M]\{U\} + [C]\{\dot{U}\} + [K]\{U\} = \{F(t)\} \quad (2.18)$$

Yang mana, $[M]$, $[C]$, dan $[K]$ berturut-turut adalah mass matrik, damping matriks dan matriks kekakuan yang dapat ditulis menjadi :

$$[M] = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix}, [C] = \begin{bmatrix} c_1 + c_2 & -c_2 & 0 \\ -c_2 & c_2 + c_3 & -c_3 \\ 0 & -c_3 & c_3 \end{bmatrix} \quad (2.19)$$

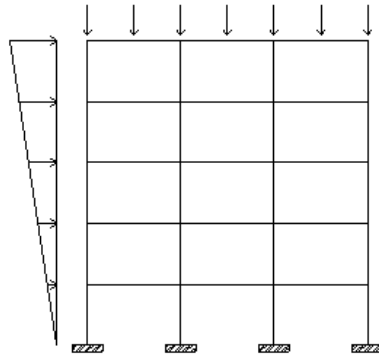
$$[K] = \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 & 0 \\ -k_2 & k_2 + k_3 & -k_3 \\ 0 & -k_3 & k_3 \end{bmatrix} \quad (2.20)$$

Sedangkan $\{\ddot{u}\}$, $\{\dot{u}\}$, $\{u\}$ dan $F(t)$ masing-masing adalah vector kecepatan vector kecepatan, vector simpangan dan vector beban, atau :

$$\begin{bmatrix} \ddot{U} \end{bmatrix} = \begin{Bmatrix} \ddot{u}_1 \\ \ddot{u}_2 \\ \ddot{u}_3 \end{Bmatrix}, \begin{bmatrix} \dot{U} \end{bmatrix} = \begin{Bmatrix} \dot{u}_1 \\ \dot{u}_2 \\ \dot{u}_3 \end{Bmatrix}, [U] = \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{Bmatrix} \text{ dan } \{F(t)\} = \begin{Bmatrix} F_1(t) \\ F_2(t) \\ F_3(t) \end{Bmatrix} \quad (2.21)$$

2.4 Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)

Menurut SNI 03 1726 2002 sistem rangka pemikul momen merupakan sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang yang berfungsi untuk memikul beban gravitasi secara lengkap. Sedangkan beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur. SRPM ini dibagi menjadi tiga jenis, yaitu : Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).



Gambar 2.4. Sistem Rangka Pemikul Momen
(Imran, Iswandi, 2010)

Berdasarkan SNI 03-2847-2013, perencanaan pembangunan gedung bertingkat untuk daerah dengan resiko gempa tinggi menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Struktur beton bertulang yang berada pada wilayah gempa dan resiko gempa kuat (kerusakan merupakan resiko utama), maka komponen struktur harus memenuhi syarat perencanaan dan pendetailan dari SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.

Integritas struktur dalam rentang waktu perilaku in-elastik harus dipertahankan mengingat beban gempa nominal yang ditentukan oleh SNI 03-1726-2012 hanya merupakan sebagian dari beban gempa rencana. Karena itu, selisih energi beban gempa itu harus mampu disebar dan diserap oleh struktur yang bersangkutan dalam membentuk kemampuan berdeformasi secara in-elastik. Kemampuan ini yang disebut sebagai daktilitas struktur, diwujudkan dengan syarat detail yang diatur dalam SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.

2.5 Teori Base Isolation Berdasarkan SNI 03-1726-2012

2.5.1 Perpindahan Rencana

Sistem isolasi harus direncanakan dan dibangun untuk menahan perpindahan gempa lateral minimum, DD , yang bekerja pada setiap arah sumbu horisontal utama struktur sesuai dengan pasal 12.5.3.1 yaitu persamaan berikut :

$$D_D = \frac{g S_{DT} T_D}{4\pi^2 B_D} \quad (2.22)$$

Dimana :

g = Percepatan gravitasi. Satuan g adalah mm/det^2 jika satuan untuk perpindahan rencana, DD , dalam mm.

S_D = Parameter percepatan spektral rencana dengan redaman 5 persen pada periode 1 detik dengan satuan g .

T_D = Periode efektif struktur dengan isolasi seismik, dalam detik, pada perpindahan rencana dalam arah yang ditinjau seperti yang ditentukan dalam persamaan (2.23).

B_D = Koefisien numerik terkait dengan redaman efektif sistem isolasi pada perpindahan rencana, B_D , seperti yang diatur dalam tabel 2.1

Tabel 2.1 Koefisien redaman, B_D atau B_M

Redaman Efek, B_D atau B_M (presentase dari redaman kritis) ^{a, b}	Faktor B_D atau B_M
≤ 2	0,8
5	1,0
10	1,2
20	1,5

30	1,7
40	1,9
≥ 50	2,0

- a Koefisien redaman harus berdasarkan redaman efektif sistem isolasi yang ditentukan menurut persyaratan-persyaratan.
- b Koefisien redaman harus berdasarkan interpolasi linear untuk nilai redaman efektif diantara nilai-nilai yang diberikan di atas.

2.5.2 Periode Efektif Pada Saat Perpindahan Rencana

Periode efektif struktur yang diisolasi pada perpindahan rencana, T_D , Harus ditentukan dengan menggunakan karakteristik deformasi sistem isolasi dan sesuai dengan persamaan berikut (Pasal 12.5.3.2) :

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W}{k_{Dmin} \times g}} \quad (2.23)$$

Dimana :

- W = Berat seismik struktur di atas pemisah isolasi.
- K_{Dmin} = Kekakuan efektif minimum sistem isolasi, dalam kN/mm, pada perpindahan rencana di arah horisontal yang ditinjau.
- G = Percepatan grafitasi.

2.5.3 Perpindahan Maksimum

Perpindahan maksimum sistem isolasi, DM , pada arah yang paling menentukan dari respons horisontal harus dihitung sesuai dengan persamaan berikut (Pasal 12.5.3.3) :

$$D_M = \frac{g S_{M1} T_M}{4\pi^2 B_M} \quad (2.24)$$

Keterangan:

g = Percepatan gravitasi

S_{M1} = Parameter percepatan spektral gempa maksimum yang dipertimbangkan dengan redaman 5 persen pada periode 1 detik dengan satuan g .

T_M = Periode efektif struktur dengan isolasi seismik, dalam detik, pada perpindahan maksimum dalam arah yang ditinjau seperti yang ditentukan dalam persamaan (2.25).

B_M = Koefisien numerik terkait dengan redaman efektif sistem isolasi pada perpindahan maksimum, B_M , seperti yang diatur dalam tabel 2.1

2.5.4 Periode Efektif Pada Saat Perpindahan Maksimum

Periode efektif yang diisolasi pada perpindahan maksimum, T_M , harus ditentukan dengan menggunakan karakteristik deformasi sistem isolasi dan sesuai dengan persamaan berikut (Pasal 12.5.3.4) :

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{W}{k_{Mmin} \times g}} \quad (2.25)$$

Dimana :

W = Berat seismik struktur di atas pemisah isolasi.

K_{Mmin} = Kekakuan efektif minimum sistem isolasi, dinyatakan dalam kilo newton per milimeter (kN/mm), pada saat perpindahan maksimum di arah horisontal yang ditinjau.

rencana di arah horisontal yang ditinjau.

G = Percepatan grafitasi.

2.5.5 Perpindahan Total

Perpindahan rencana total, DTD , dan perpindahan maksimum total DTM , dari elemen-elemen sistem isolasi dengan distribusi spasial kekakuan lateral yang seragam tidak boleh diambil kurang dari nilai yang ditentukan oleh persamaan-persamaan berikut (Pasal 12.5.3.5):

$$D_{TD} = D_D \left(1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2}\right) \quad (2.26)$$

$$D_{TM} = D_M \left(1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2}\right) \quad (2.27)$$

Keterangan:

DD = Perpindahan rencana di titik pusat kekakuan sistem isolasi di arah yang ditinjau seperti yang ditentukan oleh persamaan (2.22).

DM = Perpindahan maksimum di titik pusat kekakuan sistem isolasi di arah yang ditinjau seperti yang ditentukan dalam persamaan (2.24).

y = Jarak antara titik pusat kekakuan sistem isolasi dan elemen yang diinginkan, diukur tegak lurus terhadap arah beban gempa yang ditinjau.

e = Eksentrisitas sesungguhnya diukur dari denah antara titik pusat massa struktur di atas batas pemisahan isolasi dan titik pusat kekakuan sistem isolasi, ditambah dengan eksentrisitas tak terduga, dalam mm, diambil sebesar 5 persen dari ukuran maksimum bangunan tegak lurus untuk arah gaya yang ditinjau.

b = Ukuran denah struktur terpendek diukur tegak lurus terhadap d . d = Ukuran terpanjang denah struktur.

Pengecualian perpindahan rencana total, DTD , dan perpindahan maksimum total, DTM , masing-masing diambil kurang dari nilai yang ditentukan, tetapi tidak kurang dari 1,1 kali DD dan DM , jika perhitungan menunjukkan bahwa sistem isolasi

dikonfigurasi untuk menahan torsi.

2.5.6 Sistem Isolasi dan Elemen-Elemen Struktural di Bawah Sistem Isolasi

Sistem isolasi, pondasi, dan semua elemen-elemen struktural di bawah sistem isolasi harus direncanakan dan dibangun untuk menahan gaya gempa lateral minimum, V_b , dengan menggunakan semua persyaratan yang sesuai untuk struktur tanpa isolasi dan sesuai dengan persamaan berikut (Pasal 12.5.4.1) :

$$V_b = k D \text{ mak } D D \quad (2.28)$$

Keterangan:

$k D \text{ mak}$ = Kekakuan efektif maksimum, dalam kN/mm, dari sistem isolasi pada perpindahan rencana dalam arah horizontal yang ditinjau.

$D D$ = Perpindahan rencana, dalam mm, di titik pusat kekakuan sistem isolasi di arah yang ditinjau seperti yang ditentukan oleh persamaan (2.22).

V_b = Tidak boleh diambil kurang dari gaya maksimum di sistem isolasi untuk perpindahan sembarang sampai dengan dan termasuk perpindahan rencana

2.5.7 Elemen Struktural di Atas Sistem Isolasi

Struktur di atas sistem isolasi harus direncanakan dan dibangun untuk menahan gaya geser minimum, V_s , menggunakan semua persyaratan yang sesuai untuk struktur tanpa isolasi dan sesuai persamaan berikut (Pasal 12.5.4.2) :

$$V_s = \frac{k_{Dmax} \times D D}{R_1} \quad (2.29)$$

Keterangan:

$k D \text{ max}$ = Kekakuan efektif maksimum, dalam kN/mm, dari sistem isolasi pada perpindahan rencana dalam arah

horisontal yang ditinjau.

DD = Perpindahan rencana, dalam mm, di titik pusat kekakuan sistem isolasi di arah yang ditinjau seperti yang ditentukan oleh persamaan (2.22).

R_I = Koefisien numerik yang berhubungan dengan tipe sistem penahan gaya gempa di atas sistem isolasi.

Faktor R_I harus berdasarkan pada tipe sistem penahan gaya gempa yang digunakan untuk struktur di atas sistem isolasi dan harus bernilai $3/8$ dari nilai R yang diberikan oleh tabel 9 (SNI-03.1726.2012), dengan nilai maksimum tidak lebih besar dari 2,0 dan nilai minimum tidak kurang dari 1,0.

2.5.8 Batas V_S

Nilai V_S tidak boleh dari batasan berikut ini:

1. Gaya gempa untuk struktur yang terjepit di dasar dengan gempa efektif, W , yang sama, dan periodenya sama dengan periode struktur dengan isolasi seismik, TD .
2. Gaya geser dasar untuk beban angin rencana terfaktor.
3. Gaya gempa lateral yang dibutuhkan untuk mengaktifkan sistem isolasi secara penuh (misal: tingkat leleh dari suatu sistem yang melunak (*softening system*), kapasitas ultimit suatu sistem pengekang angin, atau tingkat friksi lepas dari suatu sistem gelincir (*the break-away friction level of a sliding system*)).

2.5.9 Distribusi Vertikal Gaya

Gaya geser harus didistribusikan ke seluruh tinggi struktur di atas batas pemisah isolasi sesuai dengan persamaan berikut (Pasal 12.5.5) :

$$F_x = \frac{V_S w_x h_x}{\sum_{i=1}^n w_i h_i} \quad (2.30)$$

Dimana :

F_x = Bagian V_s yang bekerja ditingkat x

V_s = Gaya gempa lateral rencana total atau geser dari elemen-elemen di atas sistem isolasi seperti yang ditentukan persamaan (2.29).

w_x = Bagian dari W yang ditempatkan atau dipasang di tingkat x .

h_x = Tinggi tingkat x dari dasar.

2.6 Perencanaan Pondasi

Perencanaan struktur tiang pondasi menggunakan pondasi tiang pancang. Data tanah yang digunakan berdasarkan hasil dari SPT. Secara umum daya dukung tiang yang berdiri sendiri dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_{ult} = Q_e + Q_f - W \quad (2.31)$$

Dimana:

Q_{ult} = Ultimate pile capacity

Q_e = End- bearing capacity

Q_f = Side friction capacity

W = Berat tiang

Pondasi tiang yang berdiri sendiri akan memikul sepenuhnya beban- beban yang bekerja padanya. Sedangkan untuk pondasi kelompok tiang tidak demikian halnya. Sehubungan dengan bidang keruntuhan di daerah ujung dari masing- masing tiang yang tergabung dalam kelompok tiang saling overlap, maka efisiensi dari daya dukung satu tiang akan menurun di dalam kelompok tiang.

Perumusan efisiensi kelompok yang dipakai dengan menggunakan persamaan konversi Labarre:

$$E_k = 1 - \theta \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \right] \quad (2.32)$$

Dimana:

m = Jumlah tiang dalam baris

n = Jumlah tiang dalam kolom

- Θ = Arc tg D/s (dalam derajat)
 D = Diameter tiang
 s = jarak antara pusat ke pusat tiang

Perkiraan jumlah tiang pancang:

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{ijin}} \quad (2.33)$$

Syarat: $P_{\max} < P_{ijin}$

$$P_{\max} = \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_y \cdot x_{\max}}{\Sigma x^2} + \frac{M_x \cdot y_{\max}}{\Sigma y^2} > P_{ijin} \quad (2.34)$$

$$P_{\min} = \frac{\Sigma P}{n} - \frac{M_y \cdot x_{\max}}{\Sigma x^2} - \frac{M_x \cdot y_{\max}}{\Sigma y^2} > 0 \quad (2.35)$$

Dimana:

- n = Jumlah tiang pancang
 M_x = Momen yang bekerja pada arah X
 M_y = Momen yang bekerja pada arah Y
 X_{\max} = Jarak terjauh as tiang pancang terhadap sumbu X
 Y_{\max} = Jarak terjauh as tiang pancang terhadap sumbu y
 Σx^2 = Jumlah kuadrat jarak as tiang terhadap sumbu X
 Σy^2 = Jumlah kuadrat jarak as tiang terhadap sumbu y

Untuk perhitungan jarak tiang ditentukan dengan persyaratan:

- Untuk jarak as ke as tiang pancang

$$2D < S < 2,5D \quad (2.36)$$
- Untuk jarak as tiang pancang ke tepi poer

$$1,5D < S_l < 2D \quad (2.37)$$

2.6.1 Perencanaan Poer

1) Kontrol tebal minimum poer

Menurut SNI 2847:2013 tebal pondasi tapak diatas tulangan bawah tidak boleh kurang dari 150 mm untuk pondasi diatas tanah, atau kurang dari 300 mm untuk pondasi tapak (*footing*) diatas tiang pondasi.

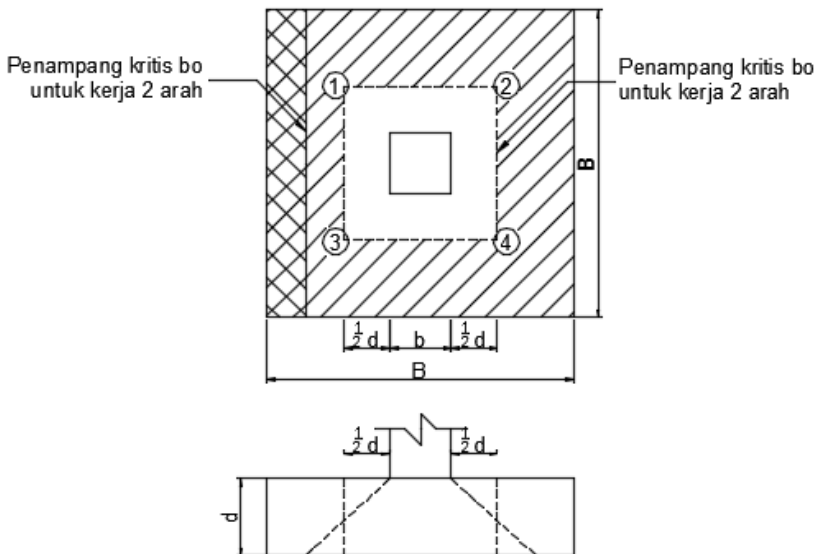
2) Kontrol geser pons pada pile cap akibat beban kolom

Kekuatan geser pondasi di sekitar kolom atau dinding yang dipikulnya harus ditentukan menurut mana yang lebih menentukan

dari 2 (dua) kondisi tinjauan, baik sebagai kerja balok lebar satu arah maupun sebagai kerja dua arah.

Dengan kerja balok lebar, pondasi dianggap sebagai balok lebar dengan penampang kritis pada lebar sepenuhnya. Biasanya kondisi ini jarang menentukan dalam desain. Kerja dua arah pada pondasi dimaksudkan untuk memeriksa kekuatan geser pons.

Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh $\frac{1}{2} d$ dari muka kolom yang dipikul pondasi. Gambar 2.10 menjelaskan cara menentukan penampang kritis, baik pada asumsi kerja lebar balok maupun dua arah.



Gambar 2.5 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Beban Kolom

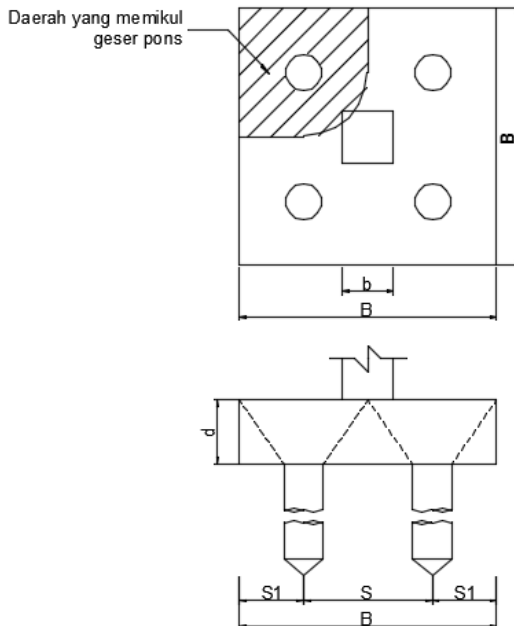
- Kontrol geser

$$\phi V_n \geq V_u$$

(2.38)

- Kontrol geser pons pada poer akibat beban aksial dari tiang pancang

Kekuatan geser pondasi di daerah sekitar tiang pancang yang dipikul harus ditentukan dengan kerja dua arah pada pelat pondasi. Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh $\frac{1}{2} d$ dari muka tiang pancang, yang mengelilingi tiang pancang yang dipikul oleh pelat pondasi. Untuk mencapai kondisi kerja balok dua arah, maka syarat jarak tiang pancang ke tepi harus lebih besar dari 1,5 kali diameter tiang pancang tersebut. Gambar 2.11 menjelaskan cara menentukan penampang kritis akibat aksial tiang pancang pada asumsi kerja dua arah.



Gambar 2.6 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Tiang Pancang

2.6.2 Perencanaan penulangan lentur

Perencanaan tulangan lentur berdasarkan momen ultimate yang terjadi akibat tiang pancang terhadap muka kolom dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\rho_{pertu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) \quad (2.39)$$

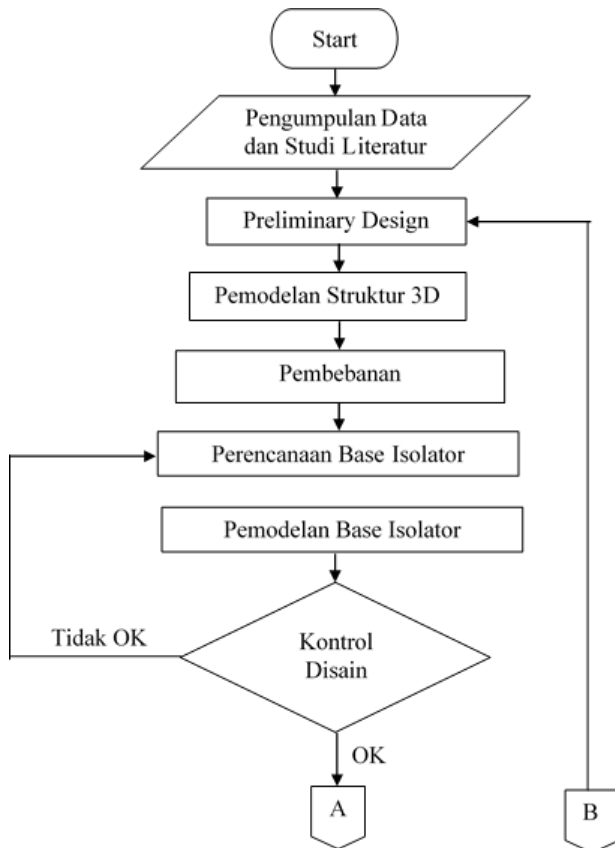
$$As = \rho \cdot b \cdot s \quad (2.40)$$

“Halaman ini Sengaja dihilangkan”

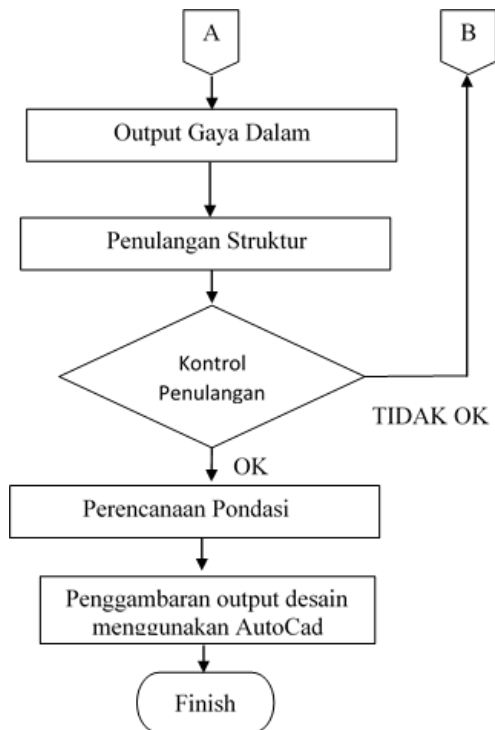
BAB III METODOLOGI

3.1. Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir

Berikut diagram alir dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir



Gambar 3.2 Diagram Alir Perencanaan Tugas Akhir

3.1 Pengumpulan Data dan Literatur

3.1.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk menunjang penyusunan studi Tugas Akhir ini. Diantaranya adalah Data Umum Bangunan dan Data Tanah.

1. Data Umum Bangunan

- Nama Gedung : Best Western OJ
- Lokasi : Padang
- Fungsi : Hotel
- Tinggi bangunan : 52 m (11 Lantai)
- Panjang bangunan : 46 m

- Lebar bangunan : 33 m
- Area Gempa : Areal Padang
- Struktur Utama : Beton Bertulang

2. Data Material

- Kolom : beton $f'_c = 40$ MPa, Tulangan fy 400MPa (Lentur), fy 240Mpa (Geser)
- Balok dan Plat : beton $f'_c = 30$ MPa, Tulangan fy 400MPa (Lentur), fy 240Mpa (Geser)
- Base Isolation : Bridgestone (terlampir)

3. Data Gambar

Data gambar yang digunakan adalah gambar arsitektur (terlampir).

4. Data Tanah

Data tanah terdiri dari data tanah Boring Log dan CPT (*Cone Penetration Test*) yang berasal dari PT. Indeco Prima yang nantinya akan menjadi faktor pengaruh gempa terhadap bangunan yang ditinjau. (Data tanah terlampir)

3.3.1. Studi Literatur

Literatur yang digunakan untuk mengerjakan tugas akhir ini diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012),
2. Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Bertulang Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847–2013)
3. *Design Of Seismic Isolated Structure* (James M Kelly dan Farzan Naeim)
4. Buku Analisa Desain Pondasi. Jakarta: Erlangga (Bowles E)
5. Jurnal-jurnal yang berkaitan dengan *Base Isolation*

3.2 Preliminary Desain

Melakukan perkiraan dimensi awal dari elemen-elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material struktur dan merencanakan dimensi profil yang akan digunakan.

3.2.1 Perencanaan Struktur Sekunder

Melakukan perkiraan dimensi awal dari elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material struktur dan merencanakan dimensi profil yang akan digunakan yang meliputi :

- 1) plat lantai (SNI 2847-2013 pasal 9.5.2 dan 9.5.3)
- 2) tangga (SNI 2847-2013 pasal 9.5.2 dan 9.5.3)
- 3) balok penumpu lift ((SNI 2847:2012 Tabel 9.5 (a))

3.2.2 Perencanaan Struktur Utama

Melakukan perkiraan dimensi awal dari elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material struktur dan merencanakan dimensi profil yang akan digunakan yang meliputi :

1) Dimensi kolom

Dalam menentukan dimensi awal kolom, dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah berikut:

- a. Kolom yang akan dianalisis dipilih berdasarkan yang memikul beban terbesar lalu menentukan data desain yang meliputi:
 - Tebal pelat yang menumpu
 - Dimensi balok yang menumpu kolom
 - Mutu beton yang digunakan (f'_c)
- b. Mendefinisikan beban-beban yang akan menumpu pada kolom.
- c. Menghitung A_{perlu} dengan menggunakan pers berikut:

$$A = 3 \frac{P_u}{f'_c} \quad (3.1)$$

Dimana :

A = Luas penampang kolom

P_u = Gaya aksial ultimate

f'_c = Mutu beton

2) Dimensi balok

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 9.5.3.1 dalam menentukan dimensi awal balok dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah berikut:

- a. Menentukan data desain, meliputi:
 - Panjang balok
 - Data properties material
- b. Merencanakan tinggi balok (h) dengan ketentuan yang diatur dalam tabel 9.5.a SNI 2847-2013
- c. Merencanakan lebar balok (b) adalah $2/3 h$

3) Dimensi balok tinggi

Balok tinggi adalah komponen struktur yang dibebani pada salah satu mukanya dan ditumpu pada muka yang berlawanan sehingga strat tekan dapat membentuk di antara beban dan tumpuan. Sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 10.7.1 balok tinggi harus mempunyai salah satu antara:

- a. $l_n \leq 4h$ (3.2)
atau
- b. Daerah dengan beban terpusat dalam jarak $2h$ dari muka tumpuan.
Dimana:
 l_n = Bentang bersih h = Tinggi komponen struktur keseluruhan

3.3 Pemodelan Struktur 3D

Setelah dilakukan preliminary design, maka hasil dari preliminary design tersebut di aplikasikan kedalam bentuk permodelan struktur 3D dengan bantuan software SAP2000.

3.4 Analisis Pembebanan

3.4.1 Beban Mati

Beban mati dalah berat semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian –

penyelesaian, mesin – mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu (PPIUG 1983 Pasal 1.0.1). Adapun besaran dari beban mati pada gedung sesuai yang tercantum pada PPIUG 1983 Pasal 2.2 Tabel 2.1.

3.4.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya termasuk beban – beban pada lantai yang berasal dari barang – barang yang dapat berpindah, mesin – mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan pembebanan pada lantai dan atap tersebut. Adapun besaran dari beban mati pada gedung sesuai yang tercantum pada PPIUG 1983 Pasal 3.3 Tabel 3.1.

3.4.3 Beban Angin

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagiangedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara (PPIUG 1983 Pasal 1.0.3). Sesuai dengan PPIUG 1983 Pasal 4.2 tekanan tiup harus diambil minimum 25 kg/m^2 dan di tepi laut sampai sejauh 5 km dari tepi pantai harus diambil minimum 40 kg/m^2 .

3.4.4 Beban Gempa

Untuk peraturan gempa mengacu pada SNI 1726-2012. Berikut parameter-parameter yang perlu diperhatikan.

1) Mengklasifikasi Kategori Resiko Struktur Bangunan

Pengklasifikasian berdasarkan Kategori Resiko Bangunan (KRB) dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Kategori Resiko Bangunan

Kategori Resiko	Deskripsi	Faktor Keutamaan (I)
IV	Fasilitas Penting (Rumah sakit, kantor polisi dan pemadam kebakaran, emergency shelters, dll) Bangunan yang mengandung bahan yang sangat beracun.	1.5
III	Bangunan yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan (gedung dengan >300 orang, fasilitas day care dengan kapasitas >150 orang, sekolah dengan kapasitas >250 orang, dll)	1.25
II	Bangunan lainnya yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan (fasilitas pertanian, gudang sementara)	1.0
I	Gedung dan struktur lainnya yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan (fasilitas pertanian, gudan, sementara)	1.0

Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 1 & 2

2) Definisi Kelas Situs

Kelas situs ditetapkan sesuai SNI 1726-2012 tertulis pada tabel 3.2 Klasifikasi Situs berikut.

Tabel 3.2 Klasifikasi Situs

Kelas situs	\bar{V}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40$ persen, dan Kuat geser niralar $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti Pasal 6.9.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah tegu dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $s_u < 50$ kPa		

Catatan: N/A = tidak dapat dipakai

Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 3

Dengan data SPT test maka persamaan yang digunakan untuk menentukan jenis tanah adalah sebagai berikut:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \frac{di}{Ni}} \quad (3.3)$$

Dimana :

Di = Kedalaman lapisan tanah uji

Ni = Nilai SPT

$\sum_{i=1}^n di = 30$ meter atau lebih

3) Koefisien Situs dan Parameter Respon Spektra

Koefisien-koefisien situs dan parameter-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) Untuk penentuan respon spektral percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah diperlukan faktor amplifikasi seismik pada perioda 0.2 detik (F_a) untuk perioda

pendek dan perioda 1 detik (F_v). Penentuan parameter spektrum respons percepatan ditulis pada persamaan berikut.

$$S_{MS} = F_a S_S \quad (3.4)$$

$$S_{MI} = F_v S_I \quad (3.5)$$

Dimana:

S_{MS} = parameter respon percepatan pada perioda pendek

S_{MI} = parameter respon percepatan pada perioda 1 detik

S_S = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk perioda pendek

S_I = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk perioda 1,0 detik

Koefisien situ F_a dan F_v dapat diperoleh dari Tabel 3.3 dan Tabel 3.4.

Tabel 3.3 Koefisien Situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

CATATAN :

(a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat **Pasal 6.9.1**

Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 4

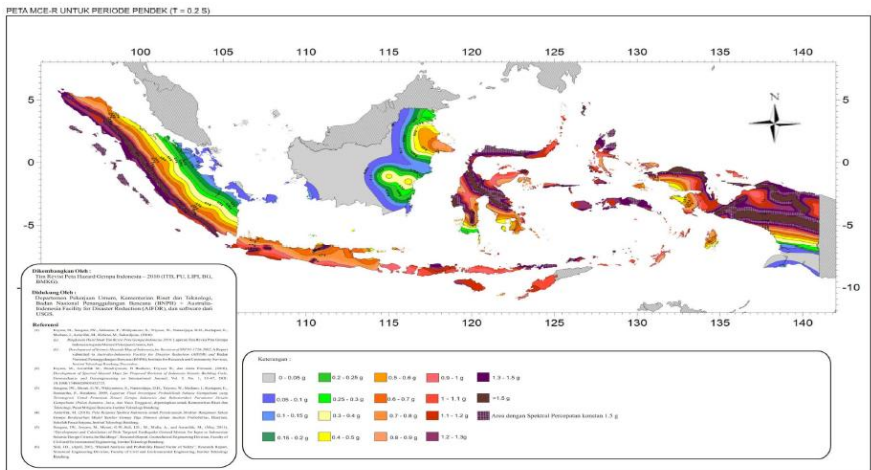
Tabel 3.4 Koefesien Situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

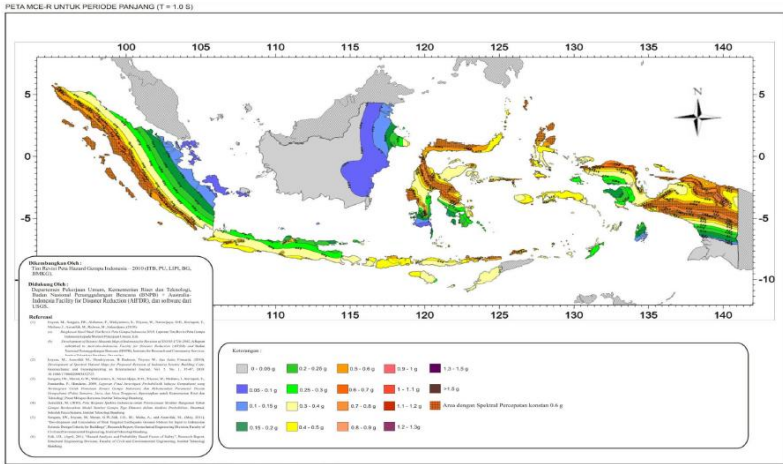
CATATAN :

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier
 (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat Pasal 6.9.1

Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 5



Gambar 3.4 SS, Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-terselesaikan (MCE_R), kelas situs SB



Gambar 3.5 S1, Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-terselesaikan (MCER), kelas situs SB

4) Parameter Percepatan Spektral Desain

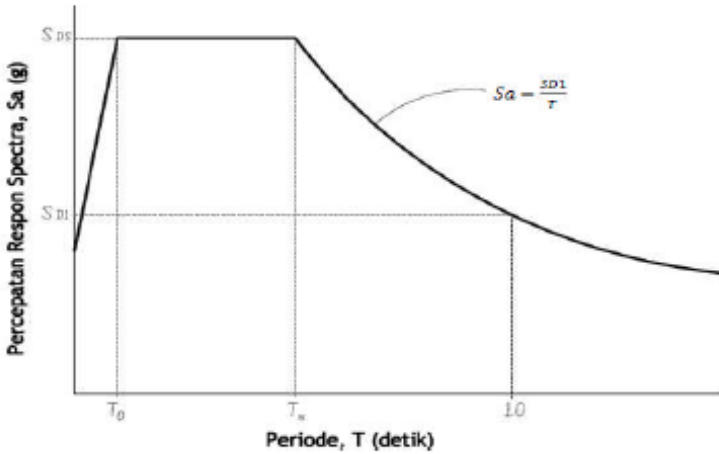
Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, S_{DS} dan pada periode 1 detik, S_{D1} , harus ditentukan melalui persamaan berikut:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3.6)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3.7)$$

5) Respon Spektrum Desain

Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu Gambar 3.5 dengan ketentuan:



Gambar 3.6 Spektrum Respon Desain (SNI 1726:2012 gambar 1)

$$T_0 = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.8)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.9)$$

Untuk $T < T_0$

$$S_a = S_{DS} \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (3.10)$$

Untuk $T_0 \leq T \leq T_s$

$$S_a = S_{DS} \quad (3.11)$$

Untuk $T > T_s$

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.12)$$

Dimana:

S_a = spektrum respon percepatan desain

S_{DS} = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda pendek;

S_{D1} = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda 1 detik;

T = perioda getar fundamental struktur.

6) Kategori Desain Seismik

Kategori Desain Seismik dievaluasi berdasarkan Tabel 3.5 untuk nilai S_{DS} dan Tabel 3.6 untuk nilai S_{D1} kemudian diambil yang paling berat dari kedua tabel tersebut.

Tabel 3.5 Kategori Desain Seismik (KDS) berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 6

Tabel 3.6 Kategori Desain Seismik (KDS) berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 7

3.4.5 Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan beban-beban tersebut di atas maka struktur baja harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 1729:2002 pasal 6.2.2, yaitu :

1,4 D

1.2 D + 1.6 L + 0.5 (L_0 atau H)

1.2 D + 1.6(L_0 atau H) + 1.6 W + 0.5 (γ_L L atau 0.8 W)

1.2 D + 1.3 W + γ_L L + 0.5 (L_0 atau H)

1.2 D \pm 1.0 E + γ_L L

0.9 D \pm (1.3 W atau 1.0 E)

Dimana :

- D = Beban mati
- L = Beban hidup
- L_0 = Beban hidup atap
- H = Beban hujan
- W = Beban angin
- E = Pengaruh beban gempa

Dengan, $\gamma_L = 0.5$ bila $L < 5$ Kpa dan $\gamma_L = 1$ bila $L \geq 5$ Kpa

3.5 Pemodelan Base Isolation

Adapun langkah-langkah input *base isolator* pada program SAP 2000 di struktur yang direncanakan adalah sebagai berikut :

3.5.1 Menentukan Dimensi Unit HDRB

Menentukan dimensi terlebih dahulu menentukan periode alami (T_1) Berdasarkan analisa *fixed-based*, kemudian menuntukan asumsi spesifikasi awal material *base isolation* HDRB. Asumsi awal adalah sebagai berikut :

- Modulus shear (G) = $0,620 \text{ N/mm}^2 = 0,620 \text{ MN/m}^2$
- Ketebalan rubber (tr) = 200 mm
- Reaksi (interior) (m) = $27351,17 \text{ KN} = 27,351 \text{ MN}$

Kemudian menentukan diameter *base isolation* HDRB sesuai dengan persamaan 2.1, 2.2 dan 2.3. Sehingga didapatkan unit HDRB yang akan digunakan dan didapat parameter-parameter HDRB sebagai berikut :

Tabel 3.7 Parameter Fisik Unit HDRB

Physical Dimensions		Unit
Effective Outer Diameter	dO	mm
Shear Modulus	G	N/mm ²
Thickness of Rubber Layer	tr	mm
Number of Rubber Laer	n	
Total Rubber Thickness	Tr	mm
First Shape Factor	S1	Mm
Second Shape Factor	S2	N/mm ²
Inner or Lead Diameter	di	mm
Height	H	mm
Weight	W	Kn

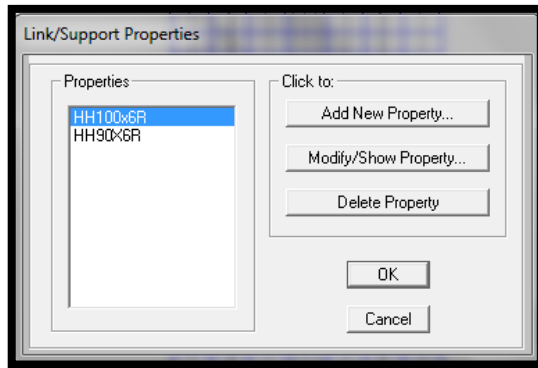
Tabel 3.8 Parameter Karateristik Desain HDRB

Physical Dimensions		Unit
Nominal Stress (Vertical)	σ_s	N/mm ²
Shear Stiffness (Horizontal)	K_h	$\times 10^3$ kN/m
Effectife Damping Ratio		
Ultimate Compressive Stress	σ_c	N/mm ²
Ultimate Tensile Strees	σ_{tu}	N/m ²
Compressive Stiffness	K_v	$\times 10^3$ kN/m
Strength Yield	S_y	kN
Ultimate Displacement	do/2	mm

3.5.2 Memodelkan HDRB pada SAP 2000

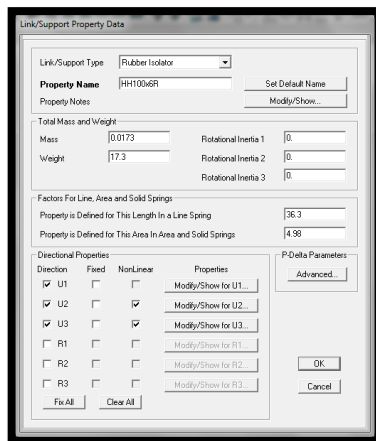
Adapun langkah-langkah input *base isolator* pada program SAP 2000 di struktur yang direncanakan adalah sebagai berikut :

1. Modelkan perletakan base isolator :
Define – Section properties – Link/Support properties



Gambar 3.7 Permodelan *seismic isolation*

2. Input data spesifikasi dari dimensi HDRB.



Gambar 3.8 Input Spesifikasi HDRB

3. Kemudian dilakukan input data Directional properties yang meliputi UI dalam arah vertikal dan U2-U3 dalam arah horizontal permukaan *seismic isolation*.

The image displays three instances of the 'Link/Support Directional Properties' dialog box, illustrating the input process for different directions.

Top Dialog (U1):

- Identification:
 - Property Name: HH100x6R
 - Direction: U1
 - Type: Rubber Isolator
 - NonLinear: No
- Properties Used For All Analysis Cases:
 - Effective Stiffness: 5450.
 - Effective Damping: 0.24
- Buttons: OK, Cancel

Bottom Left Dialog (U2):

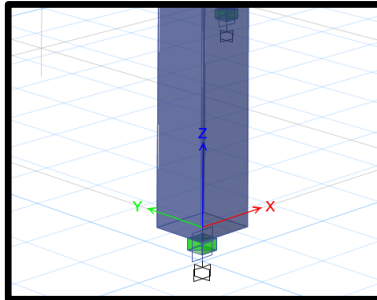
- Identification:
 - Property Name: HH100x6R
 - Direction: U2
 - Type: Rubber Isolator
 - NonLinear: Yes
- Properties Used For Linear Analysis Cases:
 - Effective Stiffness: 2.42
 - Effective Damping: 0.24
- Shear Deformation Location:
 - Distance from End-J: 400.6
- Properties Used For Nonlinear Analysis Cases:
 - Stiffness: 2.42
 - Yield Strength: 199.
 - Post Yield Stiffness Ratio: 0.24
- Buttons: OK, Cancel

Bottom Right Dialog (U3):

- Identification:
 - Property Name: HH100x6R
 - Direction: U3
 - Type: Rubber Isolator
 - NonLinear: Yes
- Properties Used For Linear Analysis Cases:
 - Effective Stiffness: 2.42
 - Effective Damping: 0.24
- Shear Deformation Location:
 - Distance from End-J: 400.6
- Properties Used For Nonlinear Analysis Cases:
 - Stiffness: 2.42
 - Yield Strength: 199.
 - Post Yield Stiffness Ratio: 0.24
- Buttons: OK, Cancel

Gambar 3.9 Input Directional Properties HDRB

4. Draw HDRB Sebagai Peletakan
 Klik menu draw - Draw 1 Joint Link - Pilih Link
 Properties yang telah dimodelkan – klik joint yang ingin
 diberikan base isolation. Maka peletakan base isolator
 pada SAP 2000 , seperti pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Assign Base Isolator HDRB pada SAP 2000

3.6 Kontrol Desain

Kontrol desain dengan sistem isolasi (*Base Isolation*) meliputi :

3.6.1 Batas Simpangan Antar Lantai

Pada SNI 1726:2012 pasal 12.5.6 simpangan antar lantai maksimum struktur diatas sistem isolasi tidak boleh melebihi $0,015h_{sx}$. Simpangan antar harus dihitung berdasarkan persamaan pada pasal 7.8.6 dengan faktor C_d dari sistem isolasi sama dengan faktor R_1 yang ditentukan pasal 12.5.4.2

3.6.2 Kontrol Perpindahan Base Isolator

Kontrol perpindahan yang terjadi tidak boleh melebihi perpindahan rencana yang telah ditentukan pada pasal 12.5.3.1

3.6.3 Nilai Respon Spektrum

Nilai V_{dinamik} (V_t) disyaratkan pada SNI 1726:2012 pasal 7.9.4 minimal 85% dari V_{statik} (V). ($V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 V_{\text{statik}}$). Bila syarat ini tidak terpenuhi maka gaya geser dasar ragam perlu dikalikan faktor skala gaya 0,85 V/V_t (SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1)

3.6.4 Partisipasi Massa

Untuk mendapatkan hasil analisis struktur yang baik, analisis yang dilakukan harus meyeritakan jumlah ragam yang mencangkup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam ragam terkombinasi minimal dari respon yang ditinjau model (SNI 1726:2012 pasal 7.91).

3.7 Penulangan Struktur

Hasil gaya-gaya dalam yang memberikan nilai terbesar dari kombinasi pembebanan akan menjadi acuan untuk menentukan penulangan. Penulangan yang dilakukan yaitu penulangan pelat, kolom, balok, *beam-column joint*, dan pondasi.

3.8 Kontrol Penulangan

Melakukan pengecekan terhadap penulangan elemen struktur pada gedung, dimana pada elemen ini tetap bisa memenuhi persyaratan yang ada.

3.8.1 Balok

Balok direncanakan sesuai dengan persyaratan komponen struktur lentur rangka momem khusus. Sehingga harus memenuhi persyaratan pada SNI 2847:2013 pasal 21.5. Jika komponen sudah memenuhi persyaratan maka penulangan pada balok dapat dihitung dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Desain tulangan torsi sesuai SNI 2847:2013 Pasal 11.5.
- b. Cek syarat kebutuhan tulangan minimum longitudinal sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 10.5.1.
- c. Kontrol spasi jarak penulangan sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 7.6.
- d. Perhitungan kebutuhan penampang akan tulangan geser sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 21 tentang komponen rangka momen khusus yang dikenai beban lentur dan aksial.
- e. Jarak tulangan geser (senggang) sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 21.5.3.2.

- f. Panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 12.2, sedangkan panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 12.3.

3.8.2 Kolom

Dalam perencanaan kolom digunakan diagram interaksi dari program bantu PCACol, dimana gaya – gaya aksial dan momen diperoleh dari output program bantu SAP 2000. Dari diagram interaksi tersebut didapat nilai p untuk menghitung kebutuhan tulangan atau $A_{S_{perlu}}$. Kemudian hitung syarat jarak pemasangan tulangan dan kebutuhan tulangan geser sesuai dengan syarat rangka momen khusus, dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Kontrol spasi jarak penulangan sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 7.6
- b. Cek desain *Strong Coloumn Weak Beam* sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.2.2.
- c. Spasi tulangan geser direncanakan sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.3.
- d. Pada tugas akhir ini menggunakan kolom persegi, maka luas penampang tulangan geser persegi tidak boleh kurang dari yang ditentukan pada SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.4(b).
- e. Cek kuat geser kolom sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1.2
- f. Perhitungan kebutuhan tulangan geser dan panjang penyaluran pada ujung joint sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 21.7 tentang joint rangka khusus.
- g. Penyaluran sambungan tulangan vertikal pada kolom sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 12.2.3.

3.8.3 Balok Tinggi

Dalam perencanaan ini antara *Shearwall* dan Balok tinggi dianggap sebagai satu kesatuan, maka perencanaan *shearwall* harus sesuai dengan poin – poin yang tertuang pada SNI 03-2847-

2013 Pasal 21.9 tentang dinding struktur khusus dan balok kopel sebagai berikut:

- a. Rasio tulangan badan (*web*) terdistribusi

$$\rho_l \text{ dan } \rho_t \geq 0,0025 \quad (3.13)$$

- b. ρ_l dan ρ_t diizinkan direduksi bila

$$Vu \leq 0,083 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f'_c} \quad (3.14)$$

- c. Spasi tulangan harus memenuhi

$$S \leq 450 \text{ mm} \quad (3.15)$$

- d. Harus dipasang 2 lapis tulangan jika

$$Vu > 0,17 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f'_c} \quad (3.16)$$

- e. Tegangan geser desain dinding struktur harus memenuhi

$$Vn \leq A_{cv} \cdot (a_c \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} + \rho_t \cdot f_y) \quad (3.17)$$

Dimana:

ρ_l = Rasio luas tulangan longitudinal terdistribusi terhadap luas beton bruto

ρ_t = Rasio luas tulangan transversal terdistribusi terhadap luas beton bruto

λ = Faktor modifikasi

A_{cv} = Luas bruto penampang beton yang dibatasi oleh tebal badan dan panjang penampang dalam arah gaya geser yang ditinjau

f'_c = Kuat tekan beton yang disyaratkan

α_c = Koefisien

S = Spasi pusat ke pusat

V_u = Gaya geser terfaktor pada penampang

V_n = Tegangan geser nominal

f_y = Kekuatan leleh tulangan yang disyaratkan

Sedangkan untuk balok tinggi direncanakan sesuai dengan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.7 tentang balok tinggi dengan ketentuan:

- a. Balok tinggi harus diproporsikan sedemikian rupa hingga

$$Vu \leq \phi \cdot 0,83 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \quad (3.18)$$

b. Luas tulangan geser tegak lurus sumbu longitudinal
 $A_v \geq 0,0025 \cdot b_w \cdot s \quad (3.19)$

dan s tidak lebih besar dari yang lebih kecil dari

- $\frac{d}{5} \quad (3.20)$

- $300 \text{ mm} \quad (3.21)$

c. Luas tulangan geser yang paralel sumbu longitudinal
 $A_{vh} \geq 0,0025 \cdot b_w \cdot s_2 \quad (3.22)$

dan s_2 tidak lebih besar dari yang lebih kecil dari

- $\frac{d}{5} \quad (3.23)$

- $300 \text{ mm} \quad (3.24)$

Dimana:

V_u = Gaya geser terfaktor penampang

ϕ = Faktor reduksi kekuatan

f'_c = Kuat tekan beton yang disyaratkan

b_w = Lebar badan

d = Jarak dari serat tulangan terjauh ke pusat tulangan longitudinal

A_h = Luas total tulangan geser paralel terhadap tulangan tarik utama

S = Spasi pusat ke pusat suatu benda

A_{vh} = Luas tulangan geser yang paralel terhadap tulangan tarik lentur dalam spasi s_2

S_2 = Spasi pusat ke pusat tulangan geser atau torsi longitudinal

3.9 Penggambaran Hasil Perencanaan

Menggambar hasil modifikasi perencanaan struktur menggunakan program Auto CAD

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Umum Preliminary Design

Pada bab ini, menjelaskan perencanaan awal dimensi yang digunakan pada struktur primer dan sekunder seperti balok, pelat dan kolom.

Berikut data bahan yang digunakan untuk struktur gedung ini adalah beton bertulang dengan data-data sebagai berikut:

- Fungsi Bangunan : Gedung Hotel
- Lokasi : Padang, Sumatera Barat
- Tinggi Bangunan : 52 m (11 lantai)
- Lebar Bangunan : 46 m
- Panjang Bangunan : 33 m
- Mutu Beton (f'_c) : 40 MPa (Kolom) dan
30 MPa (Balok dan Pelat)
- Mutu Baja : BJTD U40 ($f_y = 400$ MPa dan
 $f_u = 500$ MPa) Tabel 6. SNI 07-
2052-2002
- Data Material
 - Kolom : beton $f'_c = 40$ MPa, Tulangan f_y
400MPa
 - Balok dan Plat : beton $f'_c = 30$ MPa, Tulangan f_y
400MPa
 - Base Isolation : Bridgestone (terlampir)
- Data Tanah

Data tanah terdiri dari data tanah Boring Log dan CPT (*Cone Penetration Test*) yang berasal dari PT. Indeco Prima yang nantinya akan menjadi faktor pengaruh gempa terhadap bangunan yang ditinjau. (Data tanah terlampir)

4.1.1 Preliminary Design Balok (SNI 2847-2013 pasal 9.5.2.2, tabel 9.5(a))

1. Preliminary Balok Induk

Preliminary design balok bertujuan untuk memperkirakan lebar dan tinggi balok. Tinggi minimum (h_{min}) balok tanpa memperhitungkan lendutan ditentukan berdasarkan SNI 2847-2013 pada Tabel 9.5(a) atau dapat dilihat juga pada Tabel 3.1. Lebar balok diestimasikan berkisar antara 1/2 - 2/3 tinggi balok.

$$h_{min} = \frac{l}{16} \quad \text{untuk } f_y = 420 \text{ Mpa}$$

Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$. Jadi untuk mutu baja 390 Mpa, perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$h_{min} = \left(\frac{l}{16} \right) \cdot \left(0,4 + \left(\frac{f_y}{700} \right) \right)$$

➤ **Balok Induk (BI)**, dengan $L = 8000 \text{ mm}$

a. *Tinggi Balok (h)*

$$h_{min} = \left(\frac{l}{16} \right) \cdot \left(0,4 + \left(\frac{f_y}{700} \right) \right)$$

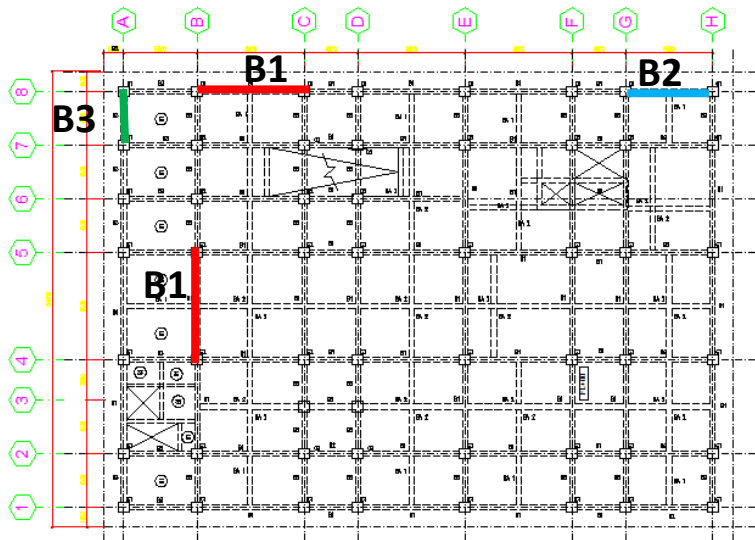
$$h_{min} = \left(\frac{8000}{16} \right) \cdot \left(0,4 + \left(\frac{400}{700} \right) \right) = 647,6 \text{ mm}$$

Maka digunakan **h** untuk balok yaitu **700 mm atau 70 cm**

b. *Lebar Balok (b)*

$$b_{min} = \frac{2}{3} \cdot h = \frac{2}{3} \cdot 700 = 466,67 \text{ mm}$$

Maka digunakan **h** untuk balok yaitu **500 mm atau 50 cm**



Gambar 4. 1 Jenis Balok Gedung Hotel

Jadi dimensi yang digunakan untuk Balok Induk Arah Melintang = Balok Induk Arah Memajang, dengan $L = 8000$ mm digunakan **50/70 cm**

Tabel 4.1 Preliminary Desain Balok Induk

Type Balok	Bentang	H	H pakai	b	b pakai
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
B1	800	64,76	70,00	46,6667	50,00
B2	650	52,62	70,00	46,6667	50,00
B3	400	32,38	70,00	46,6667	50,00
B4 atap	800	64,76	65,00	43,3333	45,00
BT (deep beam)	650	142,50	150,00	80	80,00

2. Preliminary Balok Anak

Pada preliminary design untuk balok anak, untuk menentukan tinggi minimum (h_{\min}) termasuk pada bagian kedua ujung menerus berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 9.5.2.2 pada Tabel 9.5(a). Lebar balok diestimasikan berkisar antara $1/2 - 2/3$ tinggi balok.

a. Tinggi Balok (h) dg $l = 8000\text{mm}$

$$h_{\min} = \left(\frac{l}{21}\right) \cdot \left(0,4 + \left(\frac{fy}{700}\right)\right)$$

$$h_{\min} = \left(\frac{8000}{21}\right) \cdot \left(0,4 + \left(\frac{400}{700}\right)\right) = 370,1 \text{ mm}$$

Maka digunakan **h** untuk balok yaitu **450 mm atau 45 cm**

b. Lebar Balok (b)

$$b_{\min} = \frac{2}{3} \cdot h = \frac{2}{3} \cdot 450 = 300 \text{ cm}$$

Maka digunakan **b** untuk balok yaitu **300 mm atau 30 cm**

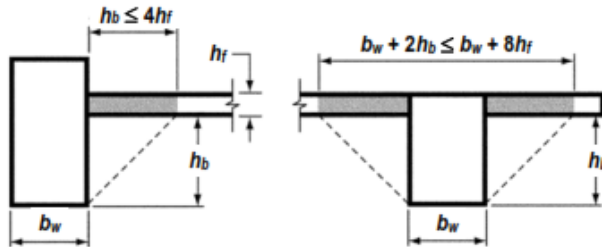
Jadi dimensi balok anak, dengan $L = 8000 \text{ mm}$ digunakan **45/30 cm**

Tabel 4.2 Rekap Preliminary Desain Balok Anak

Type Balok	Bentang	H	H pakai	b	b pakai
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
Ba1	800	37,01	45,00	30	30,00
Ba2	400	18,50	40,00	26,6667	30,00
Ba3	400	18,50	40,00	26,6667	30,00
B. Bordes	262,5	21,25	40,00	20	25,00

4.1.2 Preliminary Design Pelat

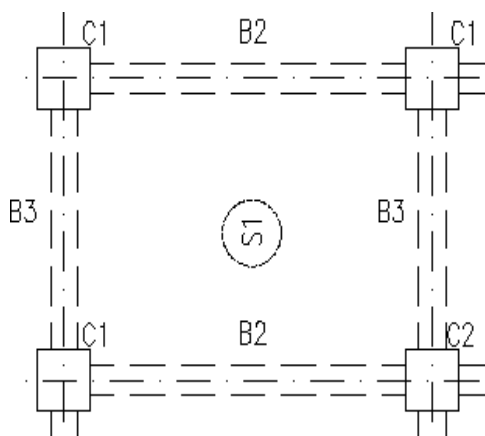
Preliminary design pelat bertujuan untuk memperkirakan ketebalan pelat lantai. Preliminary design pelat lantai dengan balok-balok interior dimulai dengan mengklasifikasikan sistem pelat lantai. Untuk sistem pelat lantai satu arah dapat langsung menggunakan rumus pada Tabel 3.1 atau *SNI 2847-2013 Psl. 9.5.2.2. Tabel 9.5(a)*. Sementara untuk sistem pelat lantai dua arah perlu diperhitungkan perbandingan α dari kekakuan lentur balok terhadap kekakuan lentur pelat. Untuk struktur balok dan pelat yang monolit, *SNI 2847-2013 pasal 13.2.4* mengizinkan pengikutan pelat sayap (flange) pada perhitungan kekakuan lentur balok. Besarnya pengikutan pelat ini dibatasi seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1. Setelah nilai α diketahui, perhitungan dapat dilanjutkan sesuai ketentuan pada Sub Bab 3.2.2.1.



Gambar 4. 2 Contoh bagian slab yang disertakan dengan balok
(Sumber : SNI 2847-2013, pasal 13.2.4, hal 128)

➤ Pelat Lantai

Pelat lantai satu sampai dengan lantai atap menggunakan balok interior di sekeliling sistem pelatnya. Sebagai contoh perhitungan ditinjau dua buah panel pelat tipe A lantai seperti pada Gambar 4.2.



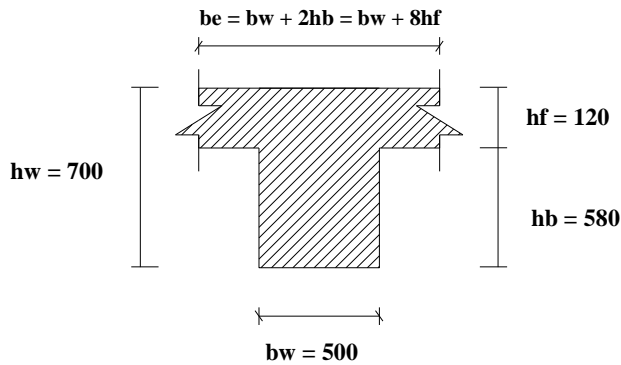
Gambar 4. 3 Preliminary Pelat S1

Berikut data geometri Pelat Type S1:

- Fungsi Bangunan : Gedung Hotel
- Bentang pelat sumbu panjang (L_y) : 550 mm
- Bentang pelat sumbu pendek (L_x) : 400 mm
- Balok B2 : 50/70
- Balok B3 : 50/70
- L_n (Bentang Bersih Pelat Sumbu Panjang): 510 mm
- S_n (Bentang Bersih Pelat Sumbu Pendek) : 360 mm

$$\beta = \frac{L_{yn}}{L_{xn}} = \frac{510}{270} = 1,41 < 2 \quad (\text{Pelat 2 arah})$$

- Balok B2 ($L_t = 550 - 50 = 500 \text{ cm}$)



Gambar 4. 4 Penentuan Be efektif

Menentukan lebar efektif flens (SNI 2847-2013 Gambar S13.2.4) $be = bw + 2hb \leq bw + 8hf$

- $be = bw + 2hb$
 $be = 500 + 2 \cdot (700) = 1660 \text{ mm}$
- $be = bw + 8hf$
 $be = 500 + 8 \cdot 120 = 1460 \text{ mm}$

diambil be terkecil = **1460 mm = 146 cm**

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw}\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{146}{50}\right) \left(\frac{12}{70}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{70}\right) + 4 \left(\frac{12}{70}\right)^2 + \left(\frac{146}{50} - 1\right) \left(\frac{12}{70}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{146}{50} - 1\right) \left(\frac{12}{70}\right)}$$

$$k = 1,52$$

Momen Inersia Penampang

$$\begin{aligned}
 I_b &= k \frac{b_w \cdot h^3}{12} \\
 &= 1,52 \frac{500(700)^3}{12} \\
 &= 2,17 \times 10^6 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Momen Inersia Lajur Pelat

$$\begin{aligned}
 I_s &= \frac{b_s \cdot t^3}{12} \\
 &= \frac{500 \times 12^3}{12} \\
 &= 720000 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Rasio Kekakuan balok terhadap pelat

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pers. (13-3) didapat rumus rasio kekakuan balok terhadap pelat yaitu:

$$\alpha_f = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cs} \cdot I_s} \text{ karena mutu beton balok dan pelat sama maka } E_{cb} =$$

E_{cs} , sehingga rumusnya menjadi :

$$\alpha_f = \frac{I_b}{I_p} = \frac{2,17 \times 10^6}{72000} = 30,165$$

Karena pada masing-masing sisi memiliki dimensi balok yang sama dan luasan pelat yang sama maka α_f yang didapat sama yaitu 10,17. Sehingga:

$$\alpha_{fm} = \frac{1}{n} (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots + \alpha_n)$$

$$\alpha_{fm} = \frac{1}{4}(30,165 + 30,165 + 30,165 + 30,165) = 30,165$$

Berdasarkan pasal 9.5.3.3 untuk $\alpha_{fm} > 2$ maka tebal pelat tidak boleh kurang dari pers. (9-13)

$$h = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

$$h = \frac{3700 \left(0,8 + \frac{240}{1400} \right)}{36 + (9 \times 1,441)} = 99,4 \text{ mm} \approx 120 \text{ mm}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

Sehingga dipakai tebal pelat lantai yaitu **120 mm = 12 cm**

Tabel 4.3 Rekap Preliminary Pelat

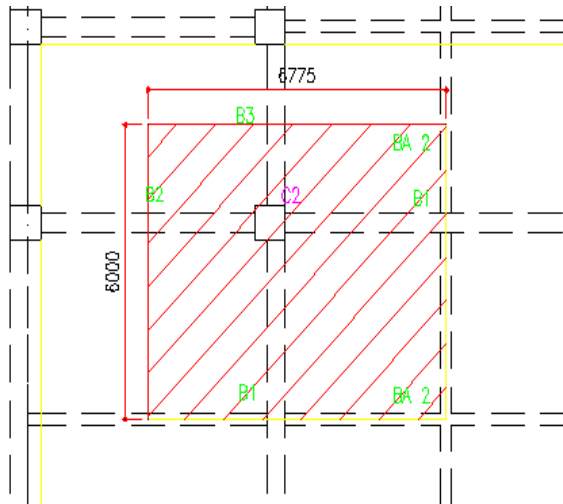
Tipe	Lantai	Dimensi (cm)		Tebal (cm)	Ket.
		Ly	Lx		
S1 P	1 s/d 2	550	400	20	2 arah
S1	3 s/d 10	550	400	12	2 arah
S2	3 s/d 10	400	400	12	2 arah
SK1	Kolam	230	170	20	2 arah
S3	Atap	400	400	12	2 arah

4.1.3 Preliminary Design Kolom

Berdasarkan denah struktur pada gambar 4.1, desain kolom yang memikul beban terbesar adalah kolom yang memikul plat lantai dengan bentang terbesar yaitu pada kolom As B-5 sebagaimana diperlihatkan pada gambar 4.11.

Menurut SNI 2847-2013 pasal 10.8.4 kolom harus direncanakan untuk memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau. Direncanakan :

Panjang tributari	: 6,775 m
Lebar tributari	: 6,000 m
Tebal pelat	: 0,12 m
Tebal spesi	: 0,02 m
Tebal keramik	: 0,01 m
Tebal aspal	: 0,01 m
Balok B1 (b x h)	: 0,5 m x 0,7 m
Balok B2 (b x h)	: 0,5 m x 0,7 m
Balok B3 (b x h)	: 0,5 m x 0,7 m
Balok BA 2 (b x h)	: 0,3 m x 0,4 m



Gambar 4. 5 Tributari Area Kolom

Beban Mati Lantai Dasar s/d 10

-	Beban 1 lantai apartemen :										
Balok B1	=	0,5	x	0,70	x	10	x	2,4	=	8,4	T
Balok B2	=	0,4	x	0,48	x	2,75	x	2,4	=	1,267	T
Balok B3	=	0,4	x	0,38	x	2	x	2,4	=	0,73	T
Balok BA2	=	0,35	x	0,28	x	4	x	2,4	=	0,941	T
Plat Beton	=	6	x	6,775	x	0,12	x	2,4	=	11,71	T
Spesi	=	6	x	6,775	x	2	x	0,021	=	1,707	T
Keramik	=	6	x	6,775	x	1	x	0,024	=	0,976	T
Plafond	=	6	x	6,775	x	-	x	0,011	=	0,447	T
P.gantung	=	6	x	6,775	x	-	x	0,007	=	0,285	T
Utilitas	=	6	x	6,775	x	-	x	0,04	=	1,626	T
										28,09	T

Beban Mati Lantai Atap

-	Beban lantai atap:										
Balok B1	=	0,5	x	0,7	x	2	x	2,4	=	1,68	T
Balok B2	=	0,4	x	0,48	x	2,75	x	2,4	=	1,267	T
Balok B3	=	0,4	x	0,38	x	4	x	2,4	=	1,459	T
Balok BA2	=	0,35	x	0,28	x	4	x	2,4	=	0,941	T
Plat Beton	=	6	x	6,775	x	0,12	x	2,4	=	11,71	T
Aspal	=	6	x	6,775	x	5	x	0,014	=	2,846	T
Plafond	=	6	x	6,775	x	-	x	0,011	=	0,447	T
P.gantung	=	6	x	6,775	x	-	x	0,007	=	0,285	T
Utilitas	=	6	x	6,775	x	-	x	0,04	=	1,626	T
										22,26	T

Total Keseluruhan beban mati = 345,021 T

Menurut SNI 1727-2013 pasal 4.8 komponen struktur yang

memiliki nilai $K_{LL}A_T \geq 37,16 \text{ m}^2$ diijinkan untuk dirancang dengan beban hidup tereduksi sebagaimana ditunjukkan pada persamaan 3.10.

$$A_T = 6 \times 6,775 = 40,65 \text{ m}^2$$

$$K_{LL}A_T = 40,65 \times 4 = 162,6 \text{ m}^2$$

Maka, $162,6 \text{ m}^2 \geq 40,65 \text{ m}^2$ (beban hidup boleh direduksi)

- Reduksi beban hidup plat lantai dasar s/d 10

$$L = L_o \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL}A_T}} \right) \geq 0,4L_o$$

$$L = 250 \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{162,6}} \right) \geq 0,4 \times 1,92$$

$$L = 152,1 \text{ Kg/m}^2 \geq 100 \text{ Kg/m}^2$$

Jadi total beban hidup plat lantai dasar s/d 10

$$\text{Lt. dasar s/d 10} = 152,1 \times 6 \times 6,775 \times 0,12 = 6183 \text{ Kg}$$

- Reduksi beban hidup plat lantai atap

Reduksi beban hidup plat lantai atap (L_r)

ditentukan sesuai dengan persamaan 3.11 karena $A_T = 40,65 \text{ m}^2$, maka :

$$R_1 = 1,2 - 0,011 \times 40,65 = 0,753$$

$$R_2 = 1 \quad (F < 4)$$

$$L_r = L_o R_1 R_2 = 0,96 \times 0,753 \times 1 = 0,722 \text{ kN/m}^2$$

$$0,58 \leq L_r \leq 0,96, \text{ maka } L_r = 0,722 \text{ kN/m}^2$$

Jadi, total beban hidup plat lantai atap :

$$\text{Lt. Atap} = 0,722 \times 6 \times 6,775 = 0,2995 \text{ kN} = 2995 \text{ Kg}$$

4 Kombinasi beban

$$Qu = 1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$$

$$= 1,2(345,021) + 1,6(68,010) + 0,5(2,994)$$

$$= 5054,5 \text{ kN}$$

Diambil kondisi yang paling menentukan

$$Q_u = 525,836 \text{ T}$$

Mutu beton = 35 MPa

$$\text{Dimensi : } A = \frac{P}{0,3x f'_c} = \frac{525836}{0,3x400} = 4381,9722 \text{ cm}^2$$

Dimensi : $h = b$, jadi $A = b \times b = b^2$

$$\sqrt{A} = \sqrt{4381,9722} = 693,8 \text{ mm} \approx 750 \text{ mm}$$

Jadi, dipakai dimensi kolom 75 x 75 cm².

Tabel 4.4 Rekap Preliminary Kolom

Tipe Kolom	P	A	Hasil		Pakai	
			b	h	b	h
	T	cm ²	cm	cm	cm	cm
K1 (lt Dasar-6)	525,8367	4382	66,1965	66,196	75	75
K1A (lt Dasar-6)	525,8367	4382	66,1965	66,196	100	100
K2 (lt 7-atap)	395,052	3292,1	57,3768	57,377	60	60

4.2 Perencanaan Struktur Sekunder

4.2.1 Perencanaan Pelat

Pelat yang direncanakan pada gedung Hotel ini terbagi menjadi empat, pembagian ini berdasarkan perbedaan dari beban yang diterima tiap pelat

4.2.1.1 Data Perencanaan Pelat

Mutu bahan yang digunakan untuk perencanaan pelat sesuai dengan preliminary desain sebagai berikut :

2 Mutu beton	: 30 MPa
3 Mutu baja	: 400 MPa
4 Tebal pelat atap	: 12 cm
5 Tebal pelat lantai	: 12 cm
6 Tebal pelat Kolam renang	: 20 cm
7 Tebal pelat Parkir	: 15 cm
8 Diameter tulangan rencana (\emptyset)	: 10 mm

4.2.1.2 Pembebanan Pelat

Pembebanan pelat dibagi berdasarkan beban yang diterima oleh tiap lantai berdasarkan fungsi ruang dari lantai tersebut.

- **Pelat Atap**

Beban yang bekerja pada pelat atap terdiri dari 2 jenis beban, yaitu beban mati (q_D) dan beban hidup (q_L).

Beban Mati

Pelat	$= 0.12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$
Penggantung	$= 7 \text{ kg/m}^2$
Plafond	$= 11 \text{ kg/m}^2$
Spesi ($t = 2 \text{ cm}$)	$= 2 \times 21 = 42 \text{ kg/m}^2$
Aspal ($t = 1 \text{ cm}$)	$= 14 \text{ kg/m}^2$
Plumbing & Ducting	$= 30 \text{ kg/m}^2$
q_{DT}	$= 412 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup

$$\begin{aligned}
 \text{Beban pada atap datar} &= 96 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Beban air hujan} &= 20 \text{ kg/m}^2 \\
 q_{LT} &= 116 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kombinasi} &= 1,2 \cdot q_{DT} + 1,6 \cdot q_{LT} \\
 &= (1,2 \times 412 \text{ kg/m}^2) + (1,6 \times 116 \text{ kg/m}^2) \\
 &= 633,6 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

- **Pelat Lantai 3 - 10**

Beban yang bekerja pada pelat lantai juga terdiri dari 2 jenis beban, yaitu beban mati (q_D) dan beban hidup (q_L).

Beban Mati

$$\begin{aligned}
 \text{Pelat} &= 0,12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Penggantung} &= 7 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Plafond} &= 11 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Spesi (t = 2 cm)} &= 42 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Tegel (t = 2 cm)} &= 24 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Plumbing \& Duct} &= 30 \text{ kg/m}^2 \\
 q_{DT} &= 412 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Beban Hidup(Beban Hotel)

$$q_{LT} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kombinasi} &= 1,2 \cdot q_{DT} + 1,6 \cdot q_{LT} \\
 &= (1,2 \times 412 \text{ kg/m}^2) + (1,6 \times 250 \text{ kg/m}^2) \\
 &= 894,4 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

- **Pelat Lantai Dasar - 2**

Beban yang bekerja pada pelat lantai juga terdiri dari 2 jenis beban, yaitu beban mati (q_D) dan beban hidup (q_L).

Beban Mati

Pelat	$= 0.15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$
Penggantung	$= 7 \text{ kg/m}^2$
Plafond	$= 11 \text{ kg/m}^2$
Spesi ($t = 2 \text{ cm}$)	$= 42 \text{ kg/m}^2$
Tegel ($t = 2 \text{ cm}$)	$= 24 \text{ kg/m}^2$
Plumbing & Duct	$= 40 \text{ kg/m}^2$
	$q_{DT} = 484 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup (Beban Parkkiran)

$$q_{LT} = 400 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kombinasi} &= 1.2 \cdot q_{DT} + 1.6 \cdot q_{LT} \\ &= (1.2 \times 484 \text{ kg/m}^2) + (1.6 \times 400 \text{ kg/m}^2) \\ &= 1220,8 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

- **Pelat Lantai kolam renang**

Beban yang bekerja pada pelat lantai juga terdiri dari 2 jenis beban, yaitu beban mati (q_D) dan beban hidup (q_L).

Beban Mati

Pelat	$= 0.15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$
Penggantung	$= 7 \text{ kg/m}^2$
Plafond	$= 11 \text{ kg/m}^2$
Spesi ($t = 2 \text{ cm}$)	$= 42 \text{ kg/m}^2$
Aspal ($t = 2 \text{ cm}$)	$= 24 \text{ kg/m}^2$
Plumbing & Duct	$= 40 \text{ kg/m}^2$
	$q_{DT} = 484 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup(Beban Kolam)

$$q_{LT1} = 1500 \text{ Kg/m}^3 \times 1,5 \text{ m} = 1500 \text{ Kg/m}^2$$

$$q_{LT2} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{LT \text{ total}} = 1500 \text{ kg/m}^2 + 100 \text{ kg/m}^2 = 1600 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kombinasi} &= 1.2 \cdot q_{DT} + 1.6 \cdot q_{LT} \\ &= (1.2 \times 484 \text{ kg/m}^2) + (1.6 \times 1600 \text{ kg/m}^2) \\ &= 2500,8 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

4.2.1.3 Prosedur Penulangan Pelat Parkir

Tahapan yang digunakan dalam menentukan tulang lentur pelat adalah sebagai berikut :

- Menentukan data – data d, f_y, f'_c dan μ
- Menentukan nilai reduksi yang digunakan
- Menentukan harga β_1

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7}$$

- Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan :

$$\rho_{\max} = 0.025$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f'_c}}{f_y}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y}$$

- Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c}$$

- Menentukan R_n

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

- Menghitung rasio tulangan butuh

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 x m x R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{min} < \rho_{pakai} < \rho_{max}$$

- Menentukan luas tulangan

$$\rho = \frac{A_s}{b x d}$$

- Menentukan spasi maksimum antar tulangan

$$S < 450 \text{ mm}$$

$$S < 3h$$

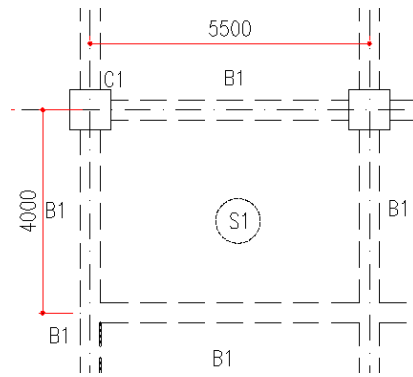
- Menghitung jumlah tulangan tiap meter

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ pakai}}}$$

4.2.1.4 Penulangan Pelat

Sebagai contoh perhitungan akan dilakukan perhitungan pada pelat tipe S1. Dan perhitungan pelat yang lainnya akan disajikan dalam bentuk tabel.

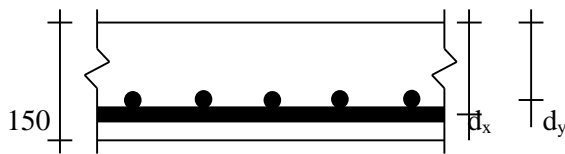
- **Data Perencanaan**



Gambar 4.6 Pelat yang Direncanakan

Data-data perancangan untuk penulangan pelat lantai atap :

- 5 Dimensi pelat 550 x 400 m²
- 6 Tebal pelat 150 mm
- 7 Tebal selimut beton 40 mm
- 8 Diameter tulangan rencana (ϕ) 12 mm
Luas tulangan (A_s) = 113,097 mm²
- 9 Mutu tulangan baja $f_y = 400$ MPa
- 10 Mutu beton $f'_c = 30$ MPa
- 11 $\beta_1 = 0.8714$



Gambar 4.7 Detail Tebal Pelat

d_x = tebal pelat (h) – selimut beton (c.c) – ($1/2 \times$ diameter tulangan rencana bawah)

$$d_x = 150 - 40 - \frac{1}{2}(12) = 104 \text{ mm}$$

d_y = tebal pelat (h) – selimut beton (c.c) – diameter tulangan atas -
(1/2 x diameter tulangan rencana atas)

$$d_y = 150 - 40 - 10 - \frac{1}{2}(12) = 92 \text{ mm.}$$

$$L_x = 400 - \left(\frac{30 + 30}{2} \right) = 270 \text{ cm}$$

$$L_y = 550 - \left(\frac{30 + 30}{2} \right) = 570 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{550}{400} = 1,37 > 2 \rightarrow \text{Pelat dua arah}$$

$$q_u = 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} = 1220,8 \text{ kg/m}^2$$

Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen sebagai berikut : ($L_y/L_x = 1,37$)

$$M_{lx} = 0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X$$

$$M_{tx} = -0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X$$

$$M_{ly} = 0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X$$

$$M_{ty} = -0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X$$

Dimana : M_{lx} = Momen lapangan arah x

M_{ly} = Momen lapangan arah y

M_{tx} = Momen tumpuan arah x

M_{ty} = Momen tumpuan arah y

X = Nilai konstanta dari perbandingan L_y/L_x

- **Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah X**

$\beta = 1,37$ (terjepit penuh)

$M_{lx} (+) X_1 = 34$

$M_{lx} (-) X_2 = 73$

Dipakai $X = 73$

$$M_{lx} = (-)M_{lx} = 0,001 \times q_u \times L_x^2 \times X$$

$$= 0.001 \times 1220,8 \times 400^2 \times 73 = 12390144 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{\max} = 0.025$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25\sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.25\sqrt{30}}{400} = 0.00395$$

$$m = \frac{f_y}{0.85f'_c} = \frac{400}{0.85 \times 30} = 11,764$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{12390144}{0.9 \times 1000 \times 104^2} = 1,27 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho > \rho_{\min} \text{ maka dipakai } \rho = 0.00654$$

Asperlu = $\rho b d y$

$$= 0.00654 \times 1000 \times 104 = 679,785 \text{ mm}^2$$

Smaks = 450 mm (SNI 2847 2013 ps 7.6.5)

$$n = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s_{d10}}} = \frac{769,785}{113,097} = 6,2 \approx 7 \text{ tulangan}$$

$$s = \frac{1000}{n} = \frac{1000}{7} = 143 \text{ mm} \quad s = 125 \text{ mm}$$

$$\text{As pasang} = n \times A_s = 6 \times 78.54 = 791,681 \text{ mm}^2 >$$

Asperlu

Jadi digunakan tulangan lentur $\phi 12-100$

- **Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah Y**

$\beta = 1,37$ (terjepit penuh)

$M_{ly} (+) X1 = 18$

Mty (-) $X^2 = 57$

Dipakai $X = 57$

$$Mly = (-)Mty = 0,001 \times qu \times Lx^2 \times X \\ = 0,001 \times 1220,8 \times 400^2 \times 92 = 9674496 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{\max} = 0.025$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25\sqrt{f'c}}{fy} = \frac{0.25\sqrt{30}}{400} = 0.00395$$

$$m = \frac{fy}{0.85f'c} = \frac{400}{0.85 \times 30} = 11,764$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{9674496}{0.9 \times 1000 \times 104^2} = 2,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = 0.0073$$

$$\rho > \rho_{\min} \text{ maka dipakai } \rho = 0,0074$$

$$As_{\text{perlu}} = \rho b dx$$

$$= 0.0073 \times 1000 \times 92 = 759,71 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{maks}} = 450 \text{ mm (SNI 2847 2013 ps 7.6.5)}$$

$$n = \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{d10}} = \frac{759,71}{113,097} = 6,7 \approx 7$$

$$s = \frac{1000}{n} = \frac{1000}{7} = 143 \text{ mm} \quad s = 125 \text{ mm}$$

$$As_{\text{pasang}} = n \times As = 6 \times 78.54 = 791,681 \text{ mm}^2 >$$

As_{perlu}

Jadi digunakan tulangan lentur $\phi 12-100$

4.2.1.5 Penulangan Pelat Lantai

Perhitungan kebutuhan penulangan pelat lantai 3 – 10 dilakukan dengan cara yang sama dengan penulangan pelat parkir. Dengan diameter tulangan 10mm Didapat jumlah tulangan yang digunakan sebagai berikut

- Perhitungan penulangan tumpuan & lapangan arah X digunakan tulangan lentur $\varnothing 10$ - 150
- Perhitungan penulangan tumpuan & lapangan arah Y digunakan tulangan lentur $\varnothing 10$ - 150

4.2.1.6 Penulangan Pelat Kolam Renang

Dengan cara yang sama dengan penulangan pelat atap maka didapat jumlah tulangan sebagai berikut

- ⇔ Perhitungan penulangan tumpuan & lapangan arah X digunakan tulangan lentur $\varnothing 10$ - 150
- ⇔ Perhitungan penulangan tumpuan & lapangan arah Y digunakan tulangan lentur $\varnothing 10$ - 150

4.2.1.7 Penulangan Pelat Atap

Dengan cara yang sama dengan penulangan pelat atap maka didapat jumlah tulangan sebagai berikut

- ⇔ Perhitungan penulangan tumpuan & lapangan arah X digunakan tulangan lentur $\varnothing 10$ -200
- ⇔ Perhitungan penulangan tumpuan & lapangan arah Y digunakan tulangan lentur $\varnothing 10$ -200

Tabel 4.5 Rekap Perhitungan Pelat

Tipe Plat	Ly	Lx	qult	Ly/Lx	type tulangan	X	Koef. X	Mu (Nmm)	Rn	p perlu	p min	pmax	ppakai	As (mm ²)	Jumlah tulangan	Jarak Antar Tulangan	Tulangan Pakai
			Kg/m ²													mm	
S1 (parkiran)	5,5	4	1060,8	1,375	2 arah	Mlx(+)	73	12390144	2,51403	0,00663	0,003423	0,023975	0,00663	689,5008	7	143	φ 12 - 100
	5,5	4				Mly(+)	57	9674496	2,79642	0,007423	0,003423	0,023975	0,007423	772,0173	7	143	φ 12 - 100
	5,5	4				Mtx(-)	73	12390144	2,51403	0,00663	0,003423	0,023975	0,00663	689,5008	7	125	φ 12 - 100
	5,5	4				Mty(-)	57	9674496	2,79642	0,007423	0,003423	0,023975	0,007423	772,0173	7	143	φ 12 - 100
S1	5,5	4	794,4	1,375	2 arah	Mlx(+)	73	9278592	1,882678	0,004895	0,003423	0,023975	0,004895	362,2	5	200	φ 10 - 150
	5,5	4				Mly(+)	57	7244928	2,094152	0,00547	0,003423	0,023975	0,00547	339,1436	5	200	φ 10 - 150
	5,5	4				Mtx(-)	73	9278592	1,882678	0,004895	0,003423	0,023975	0,004895	362,2	5	200	φ 10 - 150
	5,5	4				Mty(-)	57	7244928	2,094152	0,00547	0,003423	0,023975	0,00547	339,1436	5	200	φ 10 - 150
S2	4	4	794,4	1	2 arah	Mlx(+)	52	6609408	1,341086	0,003446	0,003423	0,023975	0,003446	254,9924	4	250	φ 10 - 200
	4	4				Mly(+)	52	6609408	1,910454	0,00497	0,003423	0,023975	0,00497	308,1312	4	250	φ 10 - 200
	4	4				Mtx(-)	52	6609408	1,341086	0,003446	0,003423	0,023975	0,003446	254,9924	4	250	φ 10 - 200
	4	4				Mty(-)	52	6609408	1,910454	0,00497	0,003423	0,023975	0,00497	308,1312	4	250	φ 10 - 200
SK1	2,6	2,1	2860,8	1,238095	2 arah	Mlx(+)	67	8452805,76	1,715122	0,004443	0,003423	0,023975	0,004443	328,7525	5	200	φ 10 - 150
	2,6	2,1				Mly(+)	57	7191192,96	2,07862	0,005428	0,003423	0,023975	0,005428	336,5111	5	200	φ 10 - 150
	2,6	2,1				Mtx(-)	67	8452805,76	1,715122	0,004443	0,003423	0,023975	0,004443	328,7525	5	200	φ 10 - 150
	2,6	2,1				Mty(-)	57	7191192,96	2,07862	0,005428	0,003423	0,023975	0,005428	336,5111	5	200	φ 10 - 150
S3	4	4	614,4	1	2 arah	Mlx(+)	52	5111808	1,037215	0,002648	0,003423	0,023975	0,003423	253,3217	4	250	φ 10 - 200
	4	4				Mly(+)	52	5111808	1,477572	0,003808	0,003423	0,023975	0,003808	236,0737	4	250	φ 10 - 200
	4	4				Mtx(-)	52	5111808	1,037215	0,002648	0,003423	0,023975	0,003423	253,3217	4	250	φ 10 - 200
	4	4				Mty(-)	52	5111808	1,477572	0,003808	0,003423	0,023975	0,003808	236,0737	4	250	φ 10 - 200

4.2.2 Perencanaan Struktur Tangga

Pada gedung rumah sakit ini terdapat dua jenis tangga yang digunakan, berikut perhitungan dimensi dan penulangan tangga.

4.2.2.1 Tangga

Data Perencanaan

Syaran Perencanaan tangga :

$$60 \leq (2t + i) \leq 65$$

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

- Mutu Beton (f'_c) : 40 Mpa
- Mutu Baja (f_y) : 400 Mpa
- Lebar injakan (i) : 30 cm
- Tanjakan (t) : 150 cm
- Tebal pelat tangga : 15 cm
- Panjang Bordes : 262,5 cm
- Lebar bordes : 172,5 cm
- Lebar tangga : 100 cm
- Tinggi lantai : 270 cm
- Tinggi bordes : 188 cm
- Panjang tangga : 250 cm
- Decking tulangan : 2 cm

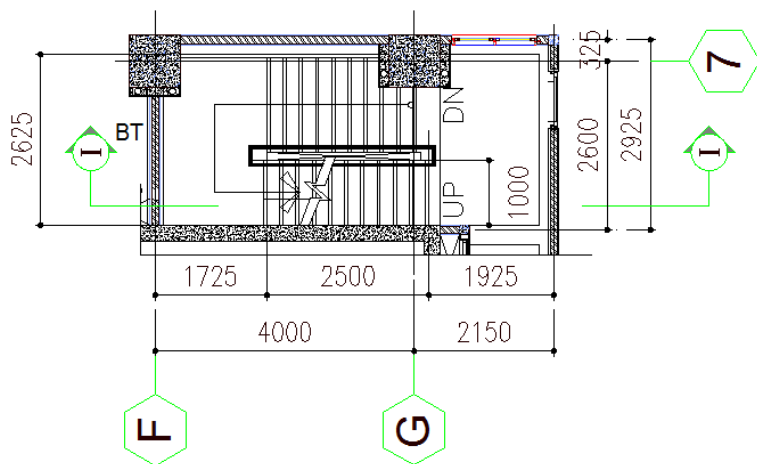
$$2t + i = 2(17) + 30 = 64 \text{ (memenuhi persyaratan)}$$

$$\text{Jumlah tanjakan} = \frac{200}{17} = 11.7 \sim 12 \text{ buah}$$

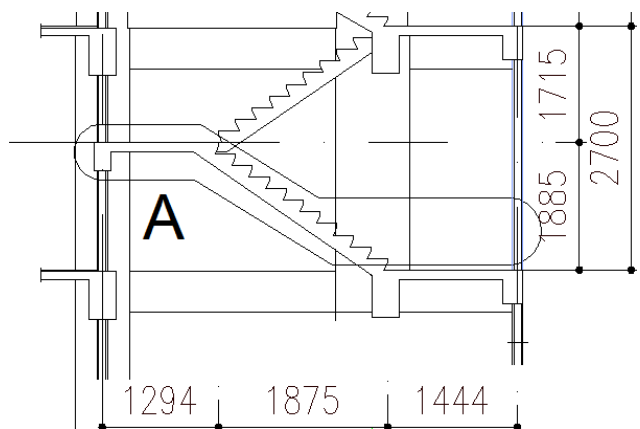
$$\text{Jumlah injakan (n)} = 12 - 1 = 11 \text{ buah}$$

$$\alpha = \arctg \left(\frac{200}{30 \times 11} \right) = 35^\circ, \text{ memenuhi persyaratan}$$

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ \text{ (OK.)}$$



Gambar 4.8 Tampak atas Tangga 1



Gambar 4.9 Tampak Samping Tangga 1

Pembebanan Tangga dan Bordes

• Pembebanan Tangga

Beban Mati

$$\begin{aligned}\text{Pelat tangga} &= \frac{0.15 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3}{\cos 32^\circ} \\ &= 439,479 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

$$\text{Berat Injakan} = 2400 \times \frac{0.17}{2} = 204 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi (t = 2 cm)} = 2 \times 21 = 42 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Tegel} = 24 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat pegangan} = 30 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{DT} = 763,478 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup

$$q_{LT} = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Kombinasi} = 1.2 \cdot q_{DT} + 1.6 \cdot q_{LT}$$

$$= (1.2 \times 763,478 \text{ kg/m}^2) + (1.6 \times 300 \text{ kg/m}^2)$$

$$= 1369 \text{ kg/m}^2$$

• Pembebanan Bordes

Beban Mati

$$\text{Pelat bordes} = 0.15 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 360 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi (t = 2 cm)} = 2 \times 21 = 42 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Tegel} = 48 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{DT} = 480 \text{ kg/m}^2$$

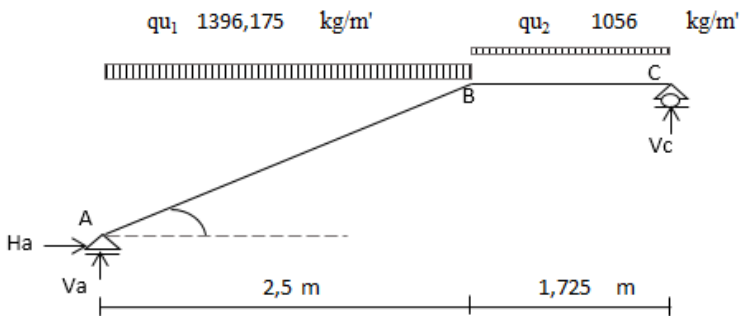
Beban Hidup

$$q_{LT} = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kombinasi} &= 1.2 \cdot q_{DT} + 1.6 \cdot q_{LT} \\
 &= (1.2 \times 480 \text{ kg/m}^2) + (1.6 \times 300 \text{ kg/m}^2) \\
 &= 1056 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

5 Perhitungan Gaya Pada Tangga

Perhitungan gaya – gaya yang bekerja pada tangga menggunakan mekanika teknik statis dengan permisalan sendi rol.



Gambar 4.9 Permodelan Struktur Tangga 1

Berdasarkan gambar 5.5 dilakukan perhitungan reaksi dan gaya dalam yang bekerja pada struktur tangga tersebut.

$$\Sigma M_c = 0$$

$$V_a \times (2,5 + 1,725) - \{ (1396,175 \times 2,5) ((0,5 \times 2,5) + 1,725) \} - \{ (1056 \times 1,726) (0,5 \times 1,725) \} = 0$$

$$V_a = \frac{11955}{(2,5 + 1,725)} = 2829,6 \text{ kg } (\uparrow)$$

$$\Sigma M_a = 0$$

$$V_c \times (2,5 + 1,725) - \{ (1056 \times 1,725) ((0,5 \times 1,725) + 2,5) \} - \{ (1396,175 \times 2,5) (0,5 \times 2,5) \} = 0$$

$$V_c = \frac{10488}{(2,5 + 1,725)} = 2482,4 \text{ kg } (\uparrow)$$

Kontrol

$$\Sigma V = 0$$

$$2829,6 + 2482,4 - (1396,175 \times 2,5) - (1056 \times 1,725) = 0 = 0 \text{ (OK.)}$$

1. Gaya Lintang

Bentang x_1

$$N_{x1} = 0$$

Bentang x_2

$$\begin{aligned} \text{Untuk } x_1 = 0 \text{ m} \rightarrow D_c &= V_c - (q_2 \times X_1) \\ &= 2,482 - (1,06 \times 0) \\ &= 2,482 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_1 = 1,725 \text{ m} \rightarrow D_b &= N_c + (q_1 \times X_1) \\ &= 2,482 \text{ Ton} + (1,06 \times 1,725) \\ &= 0,661 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Bentang x_2

$$D_{x1} = V_c - (q_2 \times 1,725) - (q_1 \times X_1)$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk } x_1 = 0 \text{ m} \rightarrow D_c &= 2,482 - (1,06 \times 1,725) - (1,4 \times 0) \\ &= 0,661 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_1 = 2,1 \text{ m} \rightarrow D_A &= 2,482 - (1,06 \times 1,725) - (1,4 \times 2,5) \\ &= -3,067 \text{ T} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Momen

Bentang x_1

$$M_{x1} = V_c \cdot x_1 - \frac{1}{2} q_1 x_1^2$$

$$\text{Untuk } x_1 = 0 \text{ m} \rightarrow M_C = 0$$

$$\begin{aligned} x_1 = 1,8 \text{ m} \rightarrow M_B &= 2,482 \times 1,725 - \frac{1}{2} \times 1,06 \times 1,725^2 \\ &= 2,71 \text{ Tm} \end{aligned}$$

Bentang x_2

$$\begin{aligned} M_{x2} &= V_c \cdot (1,725 + x_2) - ((q_2 \times 1,725) \times (q_2 \times 1,725) \times (0,8625 + x_2)) - \\ &\quad (0,5 \times q_1 \times X_2^2) \end{aligned}$$

Untuk

$$\begin{aligned} x_2 = 0 \text{ m} \rightarrow M_B &= (2,482 \times (1,725 + 0)) - (1,06 \times 1,725) \times \\ &\quad (0,8625 + 0) - (0,5 \times 1,39 \times 0^2) \\ &= 2,71 \text{ Tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_2 = 2,5 \text{ m} \rightarrow M_B &= (2,482 \times (1,725 + 0)) - (1,06 \times 1,725) \times \\ &\quad (0,8625 + 0) - (0,5 \times 1,39 \times 0^2) \\ &= 0 \text{ Tm} \end{aligned}$$

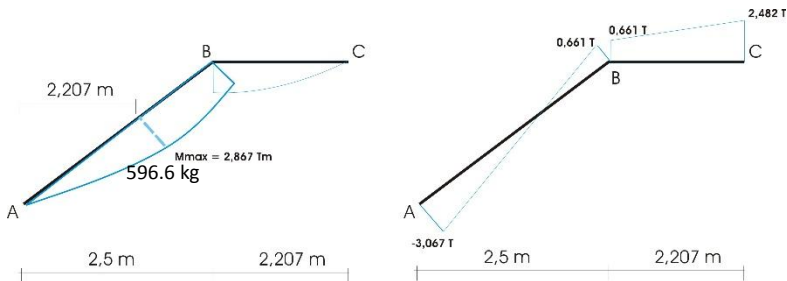
Pada tangga momen maksimum terjadi pada saat :

$$M_{x_2} = 3327.2 \cdot x_2 - \frac{1}{2} \cdot 1349.4 x_2^2$$

$$\frac{dM_{x_2}}{dx_2} = 0 \rightarrow 3327.2 - 1349.4 x_2 = 0$$

$$x_2 = \frac{2829,6}{1396,1746} = 2.027 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= 2,829x_2 - 1/2 \cdot 1,396 \cdot x_2^2 \\ &= 3327.2 \times 2,027 - 1/2 \times 1,396 \times 2,027^2 \\ &= 2,867 \text{ Tm} \end{aligned}$$



Gambar 4.11 Gaya Dalam pada Tangga

Perhitungan Penulangan Tangga

Untuk Anak Tangga

- f_c : 40 MPa
- f_y : 400 MPa
- Tulangan (D) : 12 mm

$$d_x = 150 - 20 - (12/2) = 124 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25\sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.25\sqrt{40}}{400} = 0.0039$$

$$\rho_{\max} = 0.025$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{400}{0.85 \times 30} = 11,76$$

Untuk Bordes

$$\text{➤ } f_c' : 40 \text{ MPa}$$

$$\text{➤ } f_y : 400 \text{ MPa}$$

$$\text{➤ Tulangan (D) : 12 mm}$$

$$d_x = 1500 - 20 - (12/2) = 124 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0.25 \sqrt{40}}{400} = 0.0039$$

$$\rho_b = 0.764$$

$$\rho_{\max} = 0.025$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{400}{0.85 \times 30} = 11,76$$

○ **Penulangan Pelat Tangga**

$$M_u = 2,867 \text{ Tm} = 28670000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \times d^2} = \frac{28670000}{0,9 \times 1000 \times 124^2} = 2,07 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{11,76} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,07 \times 11,76}{400}} \right) = 0,0053$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}, \text{ gunakan } \rho$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho b d$$

$$= 0,0053 \times 1000 \times 124 = 663,2 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur D12 - 200 ($A_{s_{\text{pakai}}} = 678,58 \text{ mm}^2$)

As tulangan bagi

$$A_{s\text{bagi}} = \rho_{\min} b d$$

$$= 0,0039 \times 1000 \times 124 = 483,6 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D8 – 100 ($A_{s\text{pakai}} = 502,7 \text{ mm}^2$)

○ **Penulangan Pelat Bordes**

$$M_u = 2,71 \text{ Tm} = 27100000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{b \times d^2} = \frac{27100000}{0,9 \times 1000 \times 124^2} = 1,96 \text{ N / mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{11,76} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,76 \times 1,96}{400}} \right) = 0,0086$$

$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$, gunakan ρ

$$A_{s\text{perlu}} = \rho b d$$

$$= 0,0086 \times 1000 \times 124 = 1066,1 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur D12-100

($A_{s\text{pakai}} = 1244,1 \text{ mm}^2$)

As tulangan bagi

$$A_{s\text{bagi}} = \rho_{\min} b d$$

$$= 0,0039 \times 1000 \times 124 = 483,6 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D8 – 100 ($A_{s\text{pakai}} = 502,7 \text{ mm}^2$)

4.2.2.2 Balok Bordes

Balok bordes direncanakan untuk memikul beban mati dan reaksi perletakan dari tangga. Digunakan dimensi balok bordes 25/40.

Pembebanan

Beban Mati

$$\text{Dinding} = 250 \text{ kg/m}^2 \times 1,75 \text{ m}$$

$$= 428,75 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat balok} = 0,25 \times 0,40 \times 2400$$

$$= 240 \text{ kg/m}$$

$$q_{DT} = 668,75 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban Ult Bordes } 2V_c = 4964,816 \text{ Kg/2,6m} = 1909,544 \text{ Kg/m}$$

$$q_u = (1,4 \times 668,75 \text{ kg/m}) + 1909,544 \text{ Kg/m}$$

$$q_u = 2845,7949 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu tumpuan} &= -1/11 \times q_u \times l^2 \\ &= -1/11 \times 2845,7949 \text{ kg/m} \times 2,6 \text{ m}^2 \\ &= 1748,8703 \text{ kgm} \\ &= 17488703,574 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu lapangan} &= 1/16 \times q_u \times l^2 \\ &= 1/16 \times 2845,7949 \text{ kg/m} \times 2,6 \text{ m}^2 \\ &= 1202,348 \text{ kgm} \\ &= 12023483,70 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Penulangan Balok Bordes

1. Tulangan Tumpuan

$$d = 400 - 40 - 0,5 \cdot 16 - 8 = 342 \text{ mm}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\Phi} = \frac{17488703,574}{0,9} = 19431892,86 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 11,76$$

$$R_n = \frac{M_n}{b x d^2} = \frac{19431892,86}{250 \times 342^2} = 0,66 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{30}}{400} = 0,004$$

$$\rho = \frac{1}{11,76} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,66 \times 11,76}{400}} \right) = 0,001$$

$$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}, \text{ pakai } \rho_{\text{perlu}}$$

$$\rho_{pakai} = 0.04$$

$$A_{S_{perlu}} = \rho \times b \times d = 0.004 \times 250 \times 342 = 337,96 \text{ mm}^2$$

Pasang 2D16 ($A_s = 402 \text{ mm}^2$)

$$\text{Cek jarak} = \frac{250 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 16)}{2 - 1} = 118 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

Cek kemampuan penampang

$$a = \frac{A_s \times F_y}{0,85 \times F_c \times b} = \frac{402 \times 400}{0,85 \times 30 \times 250} = 18,91$$

$$M_n = 0,85 \times f_c \times a \times b \times (d - (a/2))$$

$$M_n = 0,85 \times 40 \times 18,91 \times 250 \times (342 - (18,91/2)) = 53462282,48 \text{ Nmm} > M_n \text{ perlu} = 19431892,86 \text{ Nmm}$$

2. Tulangan Lapangan

$$d = 400 - 40 - 0,5 \cdot 16 - 8 = 342 \text{ mm}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\Phi} = \frac{12023483,707}{0,9} = 15029354,63 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 11,76$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{15029354,63}{250 \times 342^2} = 0,51 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{30}}{400} = 0,004$$

$$\rho = \frac{1}{11,76} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,51 \times 11,76}{400}} \right) = 0,001$$

$$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}, \text{ pakai } \rho_{\text{perlu}}$$

$$\rho_{pakai} = 0.04$$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d = 0.004 \times 250 \times 342 = 337,96 \text{ mm}^2$$

Pasang 2D16 ($A_s = 402 \text{ mm}^2$)

$$\text{Cek jarak} = \frac{250 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 16)}{2 - 1} = 118 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

Cek kemampuan penampang

$$a = \frac{A_s \times F_y}{0,85 \times F_c \times b} = \frac{402 \times 400}{0,85 \times 40 \times 250} = 18,91$$

$$M_n = 0,85 \times f_c \times a \times b \times (d - (a/2))$$

$$\begin{aligned} M_n &= 0,85 \times 40 \times 18,91 \times 250 \times (342 - (18,91/2)) \\ &= 53462282,48 \text{ Nmm} > M_n \text{ perlu} = 19431892,86 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

3. Tulangan Geser

Perhitungan penulangan Geser :

$$V_u = \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot l = \frac{1}{2} \times 2845,7949 \times 2,6 = 3699,533 = 36995,33 \text{ N}$$

$$v_c = \frac{b_w \cdot d \cdot \sqrt{f'_c}}{6} = \frac{250 \times 342 \cdot \sqrt{30}}{6} = 91927,41 \text{ N}$$

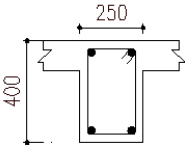
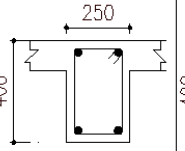
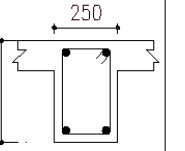
$$\phi V_c = 0,6 \times 91927,41 = 68945,558 \text{ N}$$

$V_u < \phi V_c$ (Tidak perlu tulangan geser)

Maka digunakan tulangan geser praktis :

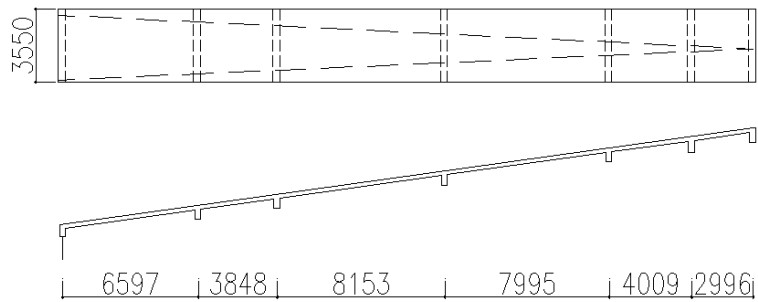
Direncanakan dengan tulangan $\phi 8$, dengan jarak sengkang, s , tidak boleh lebih dari:

$d/2 = 342/2 = 171$, maka dipakai 150. Sehingga dipakai sengkang $\phi 8-150$.

BALOK	TULANGAN		
	TUMPUAN (KIRI)	LAPANGAN	TUMPUAN (KANAN)
BT			
UKURAN BALOK	250x400		
TULANGAN ATAS	2D16	2D16	2D16
TULANGAN BAWAH	2D16	2D16	2D16
TUL. PINGGANG	-	-	-
SENGKANG	D8-150	D8-150	D8-150

Gambar 4.12 Balok Bordes Tangga

4.2.3 Perencanaan Tulangan Ramp



Gambar 4.13 Model Ramp

- **Data Perencanaan**
 - Mutu Beton(f'_c) : 30 Mpa
 - Mutu Baja (f_y) : 400 Mpa
 - Selimut Beton : 2 cm
 - α : 7,56°

- Tebal Bordes : 20 cm
- Lebar *Ramp* : 355 cm
- Tinggi antar lantai : 200 cm
- Panjang *Ramp* : 815,3 cm

▪ **Pembebanan**
Pembebanan Ramp

Beban Mati

- Pelat ramp $= \frac{0,2 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3}{\cos 7,56^\circ} = 484,2 \text{ kg/m}^2$
- Spesi (t = 2 cm) = 2 x 21 = 42 kg/m²
- Aspal = 42 kg/m²
- Berat pegangan = 30 kg/m²
- $q_{DT} = 598,2 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup

$$q_{LT} = 400 \text{ kg/m}^2$$

Kombinasi

$$= 1,2 \cdot q_{DT} + 1,6 \cdot q_{LT}$$

$$= (1,2 \times 598,2 \text{ kg/m}^2) + (1,6 \times 400 \text{ kg/m}^2)$$

$$= 1358 \text{ kg/m}^2$$

Pembebanan Balok Ramp

Beban Mati

- Pelat ramp $= \frac{0,2 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3}{\cos 7,56^\circ} = 484,2 \text{ kg/m}^2$
- Spesi (t = 2 cm) = 2 x 21 = 42 kg/m²
- Aspal = 42 kg/m²
- Berat pegangan = 30 kg/m²
- $q_{DT} = 3888,671 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup

$$q_{LT} = 400 \text{ kg/m}^2 \times 3,55 \text{ m} = 1065 \text{ Kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kombinasi} &= 1,2 \cdot q_{DT} + 1,6 \cdot q_{LT} \\
 &= (1,2 \times 3888,671 \text{ kg/m}^2) + (1,6 \times 1065 \text{ kg/m}^2) \\
 &= 6370,405 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan Momen

Momen ultimate yang terjadi pada struktur menggunakan pendekatan mekanika statis, dengan besar momen sebagai berikut :

1. Mu ramp : $\frac{1}{8} q l^2 = \frac{1}{8} 1358 \times 8,153^2 = 11282 \text{ kgm}$
2. Mu Balok ramp
: $\frac{1}{8} q l^2 = \frac{1}{8} 6370,405 \times 3,55^2 = 10035,3796 \text{ kgm}$
3. Vu Balok ramp
 $\frac{1}{2} \times q \times L = 11307,4700 \text{ Kg} = 113074,700 \text{ N}$

▪ Perhitungan Penulangan

Penulangan Ramp

- f'_c : 30 MPa
- f_y : 400 MPa
- Tulangan (D) : 16 mm

$$d_x = 200 - 20 - (16/2) = 172 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.25 \sqrt{30}}{400} = 0.004$$

$$\beta_1 = 0.764$$

$$\rho_{\max} = 0.025$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{400}{0.85 \times 30} = 11,76$$

$$Rn = \frac{Mn}{b x d^2} = \frac{112820000}{1000 \times 172^2} = 4,141 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{11,76} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 4,141 \times 11,76}{400}} \right) = 0.0114$$

$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$, gunakan ρ

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho b d$$

$$= 0.0114 \times 1000 \times 172 = 1926,615 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur D16-100 (2212 mm²)

$$A_{S_{\text{bagi}}} = \rho_{\min} b d$$

$$= 0,004 \times 1000 \times 124 = 496 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D8 – 100 ($A_{S_{\text{pakai}}} = 502,7 \text{ mm}^2$)

Penulangan Lentur Balok Ramp

$$d = 400 - 40 - 0,5.16 - 8 = 342 \text{ mm}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\Phi} = \frac{100353796}{0,9} = 111504217,777 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{400}{0.85 \times 30} = 11,76$$

$$R_n = \frac{M_n}{b x d^2} = \frac{111504217,777}{250 \times 342^2} = 3,81 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0.25 \sqrt{30}}{400} = 0.004$$

$$\rho = \frac{1}{11,76} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 3,81 \times 11,76}{400}} \right) = 0.011$$

$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$, pakai ρ_{perlu}

$$\rho_{pakai} = 0.04$$

$$A_{S_{perlu}} = \rho \times b \times d = 0.011 \times 250 \times 342 = 982,806 \text{ mm}^2$$

Pasang 5D16 ($A_s = 1004,8 \text{ mm}^2$)

$$\text{Cek jarak} = \frac{250 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (5 \times 16)}{4 - 1} = 30 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

Cek kemampuan penampang

$$a = \frac{A_s \times F_y}{0,85 \times F_c \times b} = \frac{1004,8 \times 400}{0,85 \times 30 \times 250} = 47,28$$

$$M_n = 0,85 \times f_c \times a \times b \times (d - (a/2))$$

$$M_n = 0,85 \times 30 \times 47,28 \times 250 \times (342 - (47,28 / 2)) \\ = 127954305,50 \text{ Nmm} > M_n \text{ perlu} = 111504217,777 \text{ Nmm}$$

Cek kemampuan penampang

$$a = \frac{A_s \times F_y}{0,85 \times F_c \times b} = \frac{402 \times 400}{0,85 \times 30 \times 250} = 18,91$$

$$M_n = 0,85 \times f_c \times a \times b \times (d - (a/2))$$

$$M_n = 0,85 \times 30 \times 18,91 \times 250 \times (342 - (18,91/2)) \\ = 53462282,48 \text{ Nmm} > M_n \text{ perlu} = 19431892,86 \text{ Nmm}$$

Penulangan Geser Balok Ramp

Perhitungan penulangan Geser :

$$V_u = 113074,700 \text{ N}$$

$$v_c = \frac{b \cdot w \cdot d \cdot \sqrt{f'c}}{6} = \frac{250 \times 342 \cdot \sqrt{30}}{6} = 91927,41 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,6 \times 91927,41 = 68945,558 \text{ N}$$

$V_u > \phi V_c$ (perlu tulangan geser)

Cek Penampang

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot w \cdot d = \frac{1}{3} \cdot 250 \cdot 342 = 28500 \text{ N}$$

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot w \cdot d$$

$$= 1/6 \cdot \sqrt{30} \cdot 250 \cdot 342 = 91927 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times V_c = 68945,5586 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c = 34472,77 \text{ N}$$

$$\phi(V_c + V_{smin}) = 90320,5586 \text{ N}$$

$$\phi(V_c + 1/3 \cdot bw \cdot d \cdot \sqrt{f_c'}) = 204132,9286 \text{ N}$$

Cek kriteria kebutuhan Tulangan Geser

- **$V_u \leq 0,5 \phi V_c \rightarrow$ Tidak perlu penguatan geser**

$$V_u = 113074,700 \text{ N} \geq 0,5 \phi V_c = 34472,77 \text{ N}$$

(tidak memenuhi)

- **$0,5 \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c \rightarrow$ dipakai tulangan geser minimum**

$$V_u = 113074,700 \text{ N} \geq \phi V_c = 68945,5586 \text{ N}$$

(tidak memenuhi)

- **$\phi V_c < V_u < \phi (V_c + V_{smin}) \rightarrow$ diperlukan tulangan geser**

$$V_u = 113074,700 \text{ N}$$

$$\phi (V_c + V_{smin}) = 90320,5586 \text{ N}$$

$$74376,77 < 113074,700 \text{ N} < 90320,5586 \text{ N}$$

(tidak memenuhi)

- **$\phi (V_c + V_{smin}) < V_u < \phi (V_c + 1/3 \cdot bw \cdot d \cdot \sqrt{f_c'}) \rightarrow$ diperlukan tulangan**

$$90320,5586 \text{ N} < 113074,700 \text{ N} < 204132,9286 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Jadi termasuk kategori 3 \rightarrow diperlukan tulangan geser

Syarat $S_{maks} < d/2 = 342/2 = 196 \text{ mm}$ dan

Pasang 2 $\phi 10$

$$A_{v_{pakai}} = 2 \frac{1}{4} \pi d^2 = 2 \frac{1}{4} \pi 10^2 = 157.07 \text{ mm}^2$$

$$\phi V_{S_{perlu}} = V_u - \phi V_c$$

$$(0.6) V_{S_{perlu}} = 113074,700 \text{ N} - 68945,5586 \text{ N}$$

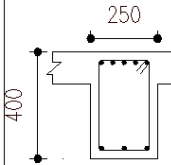
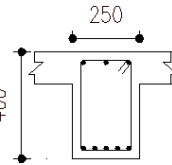
$$V_{S_{perlu}} = 44129,141 \text{ N}$$

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{157.07 \times 400 \times 342}{44129,141} = 486 \text{ mm}$$

Dipakai sengkang 2 $\phi 10 - 150 \text{ mm}$

$$A_{v_{(\min)}} = \frac{b_w \cdot S}{3 \cdot f_y} = \frac{300 \cdot 150}{3 \cdot 400} = 37.5 \text{ mm}^2$$

$$A_{v_{pakai}} > A_{v_{\min}} \dots \text{ok}$$

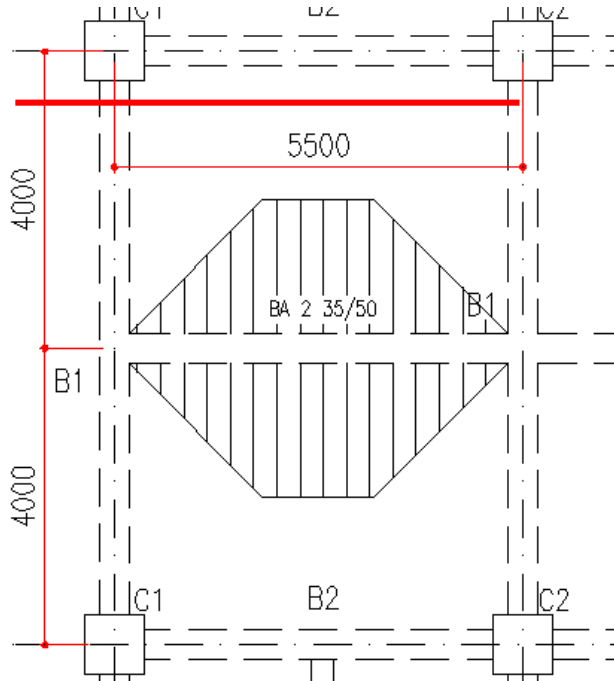
BALOK	TULANGAN	
	TUMPUAN	LAPANGAN
BR		
UKURAN BALOK	250x400	
TULANGAN ATAS	5D16	3D16
TULANGAN BAWAH	3D16	5D16
TUL. PINGGANG	-	-
SENGKANG	D8-150	D8-150

Gambar 4.14 Balok Ramp

4.2.4 Perencanaan Balok Anak

Balok anak merupakan struktur sekunder yang berfungsi sebagai pembagi/pendistribusi beban. Dalam perencanaan struktur Gedung Hotel BestWestern OJ Padang dimensi balok anak yang digunakan adalah 35/50 untuk dengan bentang 550 cm.

5.1.3.1 Pembebanan Balok Anak



Gambar 4.15 Balok Anak Atap

Beban mati (q_d) :

Beban Mati Pelat

Pelat	$= 0.15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$
Penggantung	$= 7 \text{ kg/m}^2$
Plafond	$= 11 \text{ kg/m}^2$
Spesi ($t = 2 \text{ cm}$)	$= 42 \text{ kg/m}^2$
Tegel ($t = 2 \text{ cm}$)	$= 24 \text{ kg/m}^2$
Plumbing & Duct	$= 40 \text{ kg/m}^2$
q_{DT}	$= 484 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup (Beban Parkkiran)

$$q_{LT} = 400 \text{ kg/m}^2$$

Luas Tributari Area $= 14 \text{ m}^2$

Beban Mati yang diterima Balok

1. Berat sendiri balok $= 0,3 \times 0,45 \times 2400 = 324 \text{ Kg/m}$
 2. Berat Tributari $= \frac{(484 \times 14)}{5,5} = 1232 \text{ Kg/m}$
- $Q_{dl} = 1556 \text{ Kg/m}$

Beban Hidup yang diterima Balok

3. Berat Tributari $= \frac{(400 \times 14)}{5,5} = 1018 \text{ Kg/m}$

Berat Total (W_u)

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 1,2 D_l + 1,6 L_L \\
 &= 1,2 (1556 \text{ Kg/m}) + 1,6 (1018 \text{ Kg/m}) \\
 &= 3496 \text{ Kg/m}
 \end{aligned}$$

Reaksi Balok

$$\begin{aligned}
 Ly/lx &= 5,5/4 = 1,375 \rightarrow \text{koef} = 49, \\
 Mu_{\text{atas}} &= 0,001 \times 3496 \times (5,5\text{m})^2 \times 49 \\
 &= 5181,946 \text{ Kgm} \\
 Mu_{\text{bawah}} &= Mu_{\text{atas}} = 5181,946 \text{ Kgm} \\
 Mu_{\text{max}} &= 5181,946 + 5181,946 \\
 &= 10363,892 \text{ Kgm} \\
 Vu &= 0,5 Wu L = 0,5 \times 3496 \text{ Kg/m} \times (5,5\text{m}) \\
 &= 9614,8 \text{ Kg} \\
 Vu_{\text{tumpuan}} &= Vu_{\text{muka kolom}} \\
 &= 8653,32 \text{ Kg} = 86533,2 \text{ N} \\
 Vu_{\text{lapangan}} &= 4326,66 \text{ Kg} = 43266,6 \text{ N}
 \end{aligned}$$

4.2.4.2 Penulangan balok Anak

Data Perencanaan :

$$f_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tul. Balok Diameter (D)} = 19 \text{ mm}$$

$$\text{Tul. Sengkang Diameter (D)} = 10 \text{ mm}$$

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$h = 45 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 d &= h - (\text{decking} + \varnothing_{\text{sengkang}} + 1/2 \cdot \varnothing_{\text{tul. utama}}) \\
 &= 450 - (4 + 10 + 0,5 \times 19)
 \end{aligned}$$

$$d = 450 - 58 = 390,5 \text{ mm}$$

Perhitungan Tulangan Lentur Tumpuan

Menentukan harga β_1

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'c - 28)}{7}$$

$$= 0.85 - 0.05 (30 - 28) / 7 = 0,83$$

Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

a. Mencari ρ maksimum

$$\rho_{\max} = 0.025$$

b. Mencari ρ minimum

$$\rho_{\min} = \frac{0.25\sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0.25\sqrt{30}}{400} = 0,0039$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0,0035$$

Dari kedua harga ρ_{\min} tersebut, diambil harga yang terkecil = 0,0039

c. Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'c} = \frac{400}{0.85 \times 30} = 11,764$$

d. Menentukan M_n yang digunakan

$$M_n = M_u / \phi$$

$$M_u = 10363,892 \text{ kgm}$$

$$\phi = 0.9$$

$$M_n = 10363,892 / 0.9 = 132203500 \text{ Nmm}$$

e. Menentukan R_n

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{132203500}{300 \times 390,5^2} = 2,89 \text{ N/mm}$$

f. Hitung rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2xmxRn}{fy}} \right) = \frac{1}{11,76} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2x11,76x2,89}{400}} \right) = 0,00756$$

Dimana : $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$

$$0,0039 < 0,0075 < 0,025$$

Jadi $\rho_{\text{pakai}} = 0,00756$

g. Menentukan luas tulangan (AS) dari ρ yang didapat

$$A_s = \rho b d$$

$$A_s = 0,00756 \times 300 \times 390,5 = 646,463 \text{ mm}^2$$

h. Menentukan jumlah tulangan

$$\text{Dipakai 4D19 AS (1133,54 mm}^2\text{)}$$

i. Kontrol jarak dan kemampuan penampang

$$s = \frac{b - n\phi l - 2.Cc - 2\phi s}{n - 1} = \frac{300 - 4x19 - 2x40 - 2x10}{4 - 1} = 39,33 \text{ mm}$$

Jarak 39,33 mm > 25 mm...memenuhi

Cek kemampuan penampang

$$a = \frac{A_s \times F_y}{0,85 \times f_c \times b} = \frac{402 \times 400}{0,85 \times 30 \times 300} = 53,34$$

$$M_n = 0,85 \times f_c \times a \times b \times (d - (a/2))$$

$$M_n = 0,85 \times 30 \times 53,34 \times 300 \times (390,5 - (53,34 / 2))$$

$$= 142974973,82 \text{ Nmm} > M_n \text{ perlu} = 132203500 \text{ Nmm}$$

Perhitungan Tulangan Lentur Lapangan

$$\begin{aligned}
 L_y/I_x &= 5,5/4 = 1,375 \rightarrow \text{koef} = 40, \\
 Mu_{\text{atas}} &= 0,001 \times 3496 \times (5,5\text{m})^2 \times 40 \\
 &= 2239 \text{ Kgm} \\
 Mu_{\text{bawah}} &= Mu_{\text{atas}} = 2239 \text{ Kgm} \\
 Mu_{\text{max}} &= 2239 + 2239 \\
 &= 4478 \text{ Kgm}
 \end{aligned}$$

Menentukan harga β_1

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0.85 - 0.05 \frac{(f'c - 28)}{7} \\
 &= 0.85 - 0.05 (40 - 28)/7 = 0.764
 \end{aligned}$$

Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

4. Mencari ρ maksimum

$$\rho_{\text{max}} = 0.025$$

5. Mencari ρ minimum

$$\rho_{\text{min}} = \frac{0.25\sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0.25\sqrt{30}}{400} = 0,0039$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0,0035$$

Dari kedua harga ρ_{min} tersebut, diambil harga yang terkecil = 0,0039

6. Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'c} = \frac{400}{0.85 \times 30} = 11.764$$

7. Menentukan M_n yang digunakan

$$M_n = M_u / \phi$$

$$M_u = 4478 \text{ kgm} = 44781750 \text{ Nmm}$$

$$\phi = 0.9$$

$$M_n = 44781750 / 0.9 = 55.975.000 \text{ kgm}$$

8. Menentukan R_n

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{55.975.000}{300 \times 390,5^2} = 1,806 \text{ N / mm}$$

9. Hitung rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 x m x R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{11,76} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 11,76 x 1,806}{400}} \right) = 0,00466$$

Dimana : $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$

$$0,0039 < 0,00466 < 0,025$$

Jadi $\rho_{\text{pakai}} = 0,00466$

10. Menentukan luas tulangan (AS) dari ρ yang didapat

$$A_s = \rho b d$$

$$A_s = 0,00466 \times 300 \times 390,5 = 850,155 \text{ mm}^2$$

11. Menentukan jumlah tulangan

Dipakai 3D19 as ($1133,54 \text{ mm}^2$)

12. Kontrol jarak dan kemampuan penampang

$$s = \frac{b - n \cdot \phi_l - 2 \cdot C_c - 2 \cdot \phi_s}{n - 1} = \frac{300 - 3 \times 19 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{3 - 1} = 59 \text{ mm}$$

Jarak 59 mm > 25 mm...memenuhi

Cek kemampuan penampang

$$a = \frac{As \times Fy}{0,85 \times Fc \times b} = \frac{402 \times 400}{0,85 \times 30 \times 300} = 40,007$$

$$Mn = 0,85 \times fc \times a \times b \times (d - (a/2))$$

$$Mn = 0,85 \times 40 \times 40,007 \times 300 \times (390,5 - (40,007 / 2)) \\ = 102870755,364 \text{ Nmm} > Mn \text{ perlu} = 55975000 \text{ Nmm}$$

Perhitungan Tulangan Geser

Langkah-langkah perhitungan :

1. Hitung V_u pada titik berjarak d dari ujung perletakan

2. Cek $V_u \leq \phi (V_c + \frac{2}{3} \sqrt{fc'} \cdot bw \cdot d)$

Bila tidak memenuhi maka perbesaran penampang

3. Kriteria kebutuhan tulangan geser :

a. $V_u \leq 0,5 \phi V_c \rightarrow$ **Tidak perlu penguatan geser**
(5.1)

b. $0,5 \phi V_c < V_u < \phi V_c \rightarrow$ **perlu tulangan geser minimum**
 $\phi V_s \text{ perlu} = \phi V_s \text{ minimum} = \phi \frac{1}{3} b_w d$ (5.2 dan 3)

$$S \leq d/2$$

c. $\phi V_c < V_u < \phi (V_c + V_{s \text{ min}}) \rightarrow$ **diperlukan tulangan geser**
 $\phi V_s \text{ perlu} = \phi V_s \text{ minimum} = \phi \frac{1}{3} b_w d$ (5.4 dan 5)

$$S \leq d/2$$

d. $\phi (V_c + V_{s \text{ min}}) < V_u \leq \phi (V_c + \frac{1}{3} \sqrt{fc'} \cdot bw \cdot d) \rightarrow$ **perlu tulangan geser.** (5.6)

$$\phi V_s \text{ perlu} = V_u - \phi V_c$$

$$S \text{ mak} = d/2$$

e. $\phi (V_c + \frac{1}{3} \sqrt{fc'} \cdot bw \cdot d) < V_u \leq \phi (V_c + \frac{2}{3} \sqrt{fc'} \cdot bw \cdot d) \rightarrow$ **perlu tulangan geser.** (5.7)

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot bw \cdot d \quad (5.8)$$

$$S_{\max} = d/4$$

dimana :

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot bw \cdot d \quad (5.9)$$

$$V_s = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot bw \cdot d \quad (5.10)$$

$$V_{s\min} = 1/3 \cdot bw \cdot d$$

$$\Phi = 0,6 \text{ (untuk geser)}$$

Keterangan :

- V_c = Kekuatan geser Nominal yang diakibatkan oleh Beton
- V_s = Kekuatan geser Nominal yang diakibatkan oleh tulangan geser
- V_n = Kekuatan geser Nominal ($V_c + V_s$)
- V_u = Gaya geser Berfaktor

Menurut **SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.4.3 :**

Jarak maksimum antar sengkang yang tidak memerlukan sengkang tertutup tidak boleh melebihi $d/2$.

■ Cek Kemampuan Penampang

$$V_u = 86533,2N$$

$$v_c = \frac{bw \cdot d \cdot \sqrt{f_c'}}{6} = \frac{250 \times 390,5 \cdot \sqrt{30}}{6} = 125956,681 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,6 \times 91927,41 = 75574,01 \text{ N}$$

$$V_u > \phi V_c \text{ (perlu tulangan geser)}$$

Cek Penampang

$$V_{s\min} = \frac{1}{3} \cdot bw \cdot d = \frac{1}{3} \cdot 300 \cdot 390,5 = 39050 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 1/6 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \\
 &= 1/6 \cdot \sqrt{30} \cdot 250 \cdot 342 = 91927 \text{ N} \\
 \phi V_c &= 0,6 \times V_c = 75574,01 \text{ N} \\
 0,5 \phi V_c &= 37787,004 \text{ N} \\
 \phi(V_c + V_{smin}) &= 99004,008 \text{ N} \\
 \phi(V_c + 1/3 \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{f_c'}) &= 75574,008 \text{ N}
 \end{aligned}$$

■ **Cek kriteria kebutuhan Tulangan Geser**

○ $V_u \leq 0,5 \phi V_c \rightarrow$ **Tidak perlu penguatan geser**
 $V_u = 86533,2\text{N} \geq 0,5 \phi V_c = 37787,004 \text{ N}$

(tidak memenuhi)

○ $0,5 \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c \rightarrow$ **dipakai tulangan geser minimum**

$$0,5 \phi V_c = 37787,004 \text{ N} \leq V_u = 86533,2\text{N}$$

$$V_u = 86533,2\text{N} \geq \phi V_c = 75574,01 \text{ N}$$

(tidak memenuhi)

○ $\phi V_c < V_u < \phi (V_c + V_{smin}) \rightarrow$ **diperlukan tulangan geser**

$$\phi V_c = 75574,01 \text{ N}$$

$$V_u = 86533,2\text{N}$$

$$\phi (V_c + V_{smin}) = 99004,008 \text{ N}$$

$$74376.77 < 79605. < 97896.77 \text{ (memenuhi)}$$

Jadi termasuk kategori 3 \rightarrow diperlukan tulangan geser

$$\text{Syarat } S_{maks} < d/2 = 390,5/2 = 195,25 \text{ mm dan}$$

Pasang 2 ϕ 10

$$A_{v_{pakai}} = 2 \frac{1}{4} \pi d^2 = 2 \frac{1}{4} \pi 10^2 = 157.07 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}\phi V_{Sperlu} &= V_u - \phi V_c \\ (0.6)V_{Sperlu} &= 86533,2\text{N} - 75574,01\text{ N} \\ V_{Sperlu} &= 8219,393\text{ N}\end{aligned}$$

$$s = \frac{Av \times f_y \times d}{V_s} = \frac{157.07 \times 400 \times 392}{8713.716} = 2826\text{ mm}$$

Dipakai sengkang 2□10 – 200 mm

$$A_{v(\min)} = \frac{b_w \cdot S}{3 \cdot f_y} = \frac{300 \cdot 150}{3 \cdot 400} = 37.5\text{mm}^2$$

$A_{vpakai} > A_{v\min} \dots \text{ok}$

BALOK	TULANGAN		
	TUMPUAN (KIRI)	LAPANGAN	TUMPUAN (KANAN)
BA 1			
UKURAN BALOK	300x450		
TULANGAN ATAS	4D19	2D19	4D19
TULANGAN BAWAH	2D19	3D19	2D19
TUL. PINGGANG	-	-	-
SENGKANG	D10-200	D10-200	D10-200

Gambar 4.16 Detail Penulangan Balok Anak BA1

4.2.5 Perencanaan Balok Lift

Lift merupakan struktur sekunder yang berfungsi untuk mengangkat orang/barang menuju ke lantai yang berbeda tinggi. Perencanaan balok lift meliputi balok balok yang ada di sekeliling ruang lift maupun mesin lift. Balok balok tersebut diantaranya ialah balok penggantung lift dan balok penumpu lift. Lift yang

digunakan pada perencanaan Tugas Akhir ini adalah lift yang diproduksi oleh PT. Jaya Kencana dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. Merk : Iris
2. Kecepatan : 1,0 m/s
3. Kapasitas : 1600 kg
4. Lebar pintu (opening width) : 1100 mm
5. Dimensi sangkar (car size) :
 outside : 2350 x 2200 mm²
 inside : 1800 x 1500 mm²
6. Dimensi ruang mesin : 2350 x 2200 mm²
7. Beban reaksi ruang mesin :
 $R_1 = 8000 \text{ kg}$ (Berat mesin penggerak + beban kereta + perlengkapan)
 $R_2 = 5200 \text{ kg}$ (Berat bandul pemberat + perlengkapan)

4.2.5.1 Perencanaan Dimensi Awal balok lift

Balok Penggantungan lift

Panjang balok penggantung lift = 422,5 cm

$$h = \frac{L}{16} = \frac{422,5}{16} = 26 \text{ cm, ambil dimensi } h = 60 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} 60 = 40 \text{ cm, ambil dimensi } b = 40 \text{ cm}$$

Diperoleh dimensi balok penggantung lift 40/60.

4.2.5.2 Pembebanan balok lift

1. Beban yang bekerja pada balok penumpang

Beban yang bekerja merupakan beban akibat dari mesin penggerak lift + berat kereta luncur + perlengkapan, dan akibat bandul pemberat + perlangkapan.

2. Koefisien kejut beban hidup oleh keran

Pasal 3.3.(3) PPIUG 1983 menyatakan bahwa beban keran yang membebani struktur pemikulnya terdiri dari berat sendiri keran ditambah muatan yang diangkatnya, dalam kedudukan keran induk dan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau. Sebagai beban rencana harus diambil beban keran tersebut dengan mengalikannya dengan suatu koefisien kejut yang ditentukan dengan rumus berikut :

$$\Psi = (1 + k_1 k_2 v) \geq 1,15$$

Dimana :

Ψ = koefisien kejut yang nilainya tidak boleh diambil kurang dari 1,15.

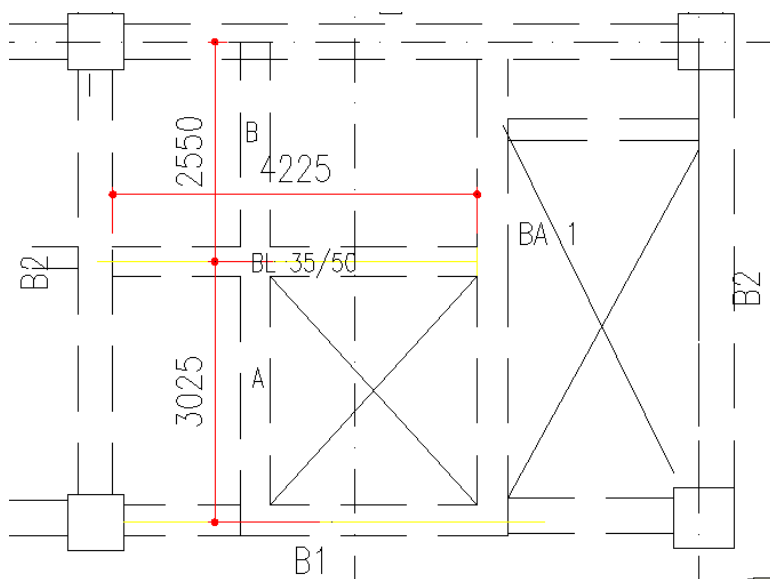
v = kecepatan angkat maksimum dalam m/det pada pengangkatan muatan maksimum dalam kedudukan keran induk dan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau, dan nilainya tidak perlu diambil lebih dari 1,00 m/s.

k_1 = koefisien yang bergantung pada kekakuan struktur keran induk, yang untuk keran induk dengan struktur rangka, pada umumnya nilainya dapat diambil sebesar 0,6.

k_2 = koefisien yang bergantung pada sifat mesin angkat dari keran angkatnya, dan diambil sebesar 1,3

Jadi, beban yang bekerja pada balok adalah :

$$\begin{aligned} P &= \Sigma R \cdot \Psi = (8000) \cdot (1 + 0,6 \cdot 1,3 \cdot 1) \\ &= 8000 \cdot 1,78 = 14240 \text{ kg} \end{aligned}$$



Gambar 4.17 Pembebanan Balok Lift

Beban Mati Pelat

Pelat = $0.12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$

Penggantung = 7 kg/m^2

Plafond = 11 kg/m^2

Spesi (t = 2 cm) = 42 kg/m^2

Tegel (t = 2 cm) = 24 kg/m^2

Plumbing & Duct = 40 kg/m^2

$q_{DT} = 391 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup

$q_{LT} = 250 \text{ kg/m}^2$

- Dari Balok A (30x40)

Q DL tributari = $391 \text{ kg/m}^2 \times 0,5 \times 3,025 \text{ m} = 591,4 \text{ Kg/m}$

Q DI (selfweight) = $0,3 \times 0,4 \times 2400 = 288 \text{ Kg/m}$

Q DL total = $591,4 \text{ Kg/m} + 288 \text{ Kg/m} = 879,4 \text{ Kg/m}$

$$Q_{LL} = 250 \text{ kg/m}^2 \times 0,5 \times 3,025 \text{ m} = 378 \text{ Kg/m}$$

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 (879,4 \text{ Kg/m}) + 1,6 (378 \text{ Kg/m}) \\ &= 1660 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

$$R_A = Q_{ult} \times 3,025 = 5022 \text{ Kg}$$

○ Dari Balok B (30x40)

$$Q_{DL \text{ tributari}} = 391 \text{ kg/m}^2 \times 0,5 \times 2,25 \text{ m} = 498,53 \text{ Kg/m}$$

$$Q_{DI \text{ (selfweight)}} = 0,3 \times 0,4 \times 2400 = 288 \text{ Kg/m}$$

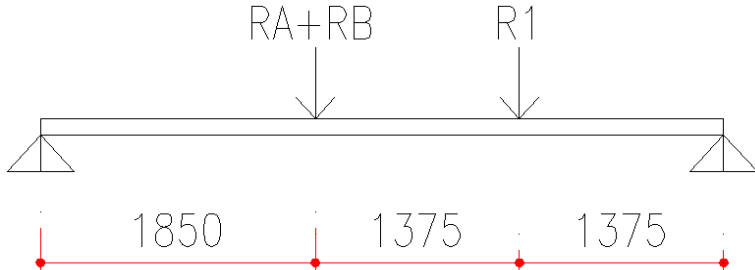
$$Q_{DL \text{ total}} = 591,4 \text{ Kg/m} + 288 \text{ Kg/m} = 786,56 \text{ Kg/m}$$

$$Q_{LL} = 250 \text{ kg/m}^2 \times 0,5 \times 2,25 \text{ m} = 318,75 \text{ Kg/m}$$

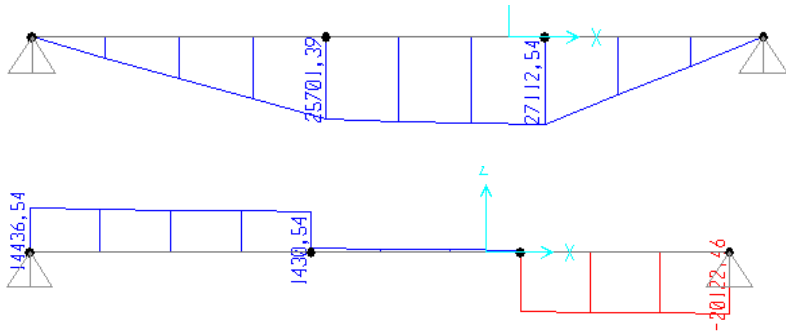
$$\begin{aligned} Q_{ult} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 (786,56 \text{ Kg/m}) + 1,6 (318,75 \text{ Kg/m}) \\ &= 1453,8 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

$$R_B = Q_{ult} \times 3,025 = 3707,3 \text{ Kg}$$

$$R_A + R_B = 8730 \text{ Kg}$$



Gambar 4.18 Pembebanan Balok Lift



Gambar 4.19 Reaksi Balok Lift

4.2.5.3 Penulangan balok lift

Data Perencanaan :

$$M_u = 271125,4 \text{ Nmm}$$

$$f_c' = 40 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tul. Balok Diameter (D)} = 22 \text{ mm}$$

$$\text{Tul. Senggang Diameter (D)} = 10 \text{ mm}$$

$$b = 40 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

$$d' = h' + \varnothing_{\text{senggang}} + \frac{1}{2} \varnothing_{\text{tul. utama}}$$

$$= 40 + 10 + 0,5 \times 22 = 61 \text{ mm}$$

$$d = 600 - 61 = 539 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0,25 \sqrt{40}}{400} = 0,00395$$

$$\beta_1 = 0,764$$

$$\rho_{\max} = 0.025$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,764$$

Perhitungan Tulangan Lentur

$$R_n = \frac{Mu}{b \times d^2} = \frac{271125400}{0,9 \times 400 \times 539^2} = 2,56 N / mm$$

$$\rho = \frac{1}{11,764} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,56 \times 11,764}{400}} \right) = 0,0067$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}, \text{ pakai } \rho_{\text{perlu}}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0067$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pakai}}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0086 \times 400 \times 539 \\ &= 1455,027 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan 4 D 22 (1520,53 mm²)

Spasi bersih antar tulangan

$$\begin{aligned} S &= \frac{bw - 2\phi_{\text{senggang}} - 2.\text{decking} - n.\phi_{\text{tul.utama}}}{n - 1} \geq 25mm \\ &= \frac{400 - (2).(10) - (2).(40) - (4).(22)}{4 - 1} = 70.6mm \geq 25mm \end{aligned}$$

Perhitungan Tulangan Geser

$$V_u = 20122,46 \text{ kg} = 201224,6 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d = 1/6 \cdot \sqrt{40} \cdot 400 \cdot 539 \\ &= 231807,601 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,6 \cdot 231807,601 \text{ N} \\ &= 173855,7012 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_{s \text{ min}} &= 0,6 \cdot 1/3 \cdot 400 \cdot 539 \\ &= 71866,66 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c + \phi V_{s \text{ min}} = 227755,7012 \text{ N}$$

Penulangan geser masuk persyaratan kondisi 3, yaitu

$$\phi V_c < V_u < \phi V_c + \phi V_{s \text{ min}}$$

$$173855,7012 \text{ N} < 201224,6 \text{ N} < 227755,7012 \text{ N}$$

perlu tulangan geser.

$$\text{Syarat } s_{\text{max}} < d/2 = 539/2 = 269,5 \text{ mm dan } s_{\text{max}} < 600 \text{ mm}$$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \cdot 10^2 = 157,07 \text{ mm}^2$$

Pasang $\phi 10 - 150 \text{ mm}$

Kontrol V_{spakai}

$$V_{\text{spakai}} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{157,07 \times 400 \times 539}{150} = 225761,9 \text{ N}$$

$$\phi V_{\text{spakai}} = 0,75 \times 225761,9 \text{ N} = 101547,6 \text{ N}$$

$$V_n = \phi V_c + \phi V_{s \text{ pakai}} = 173855,7012 \text{ N} + 101547,6 \text{ N} \\ = 275403,301 \text{ N}$$

$$V_n = 275403,301 \text{ N} > V_u = 201224,6 \text{ N (OK)}$$

Sehingga untuk perencanaan penulangan balok penggantung lift digunakan tulangan lentur dan tulangan geser dengan perincian sebagai berikut :

8. Tulangan lentur : 4 D 22

9. Tulangan geser : $\phi 10 - 150$

Detail Penulangan Balok Penggantung dan Penumpu lift

BALOK	TULANGAN		
	TUMPUAN (KIRI)	LAPANGAN	TUMPUAN (KANAN)
BL			
UKURAN BALOK	400x600		
TULANGAN ATAS	4D22	3D22	4D22
TULANGAN BAWAH	3D22	4D22	3D22
TUL. PINGGANG	-	-	-
SENGKANG	D10-150	D10-150	D10-150

Gambar 4.20 Detail Penulangan Balok Lift

4.3 Pembebanan Dan Analisis Struktur

4.3.1 Permodelan Struktur

Perancangan gedung ini dimodelkan terlebih dahulu sebagai sistem rangka pemikul momen, yaitu suatu gedung dengan asumsi bahwa struktur memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur. Untuk sistem pemikul beban gempa menggunakan sistem *anti seismic* base isolator . Permodelan struktur ini mengambil peraturan yang disyaratkan dalam SNI 1726:2012

4.3.2 Pembebanan

Sebelum melakukan analisis struktur dengan program bantu analisis struktur berbasis elemen hingga seperti SAP2000, ETABS, dll, perlu dilakukan perhitungan beban yang hasilnya akan digunakan sebagai data input ke program tersebut. Beban-beban yang diinput tersebut meliputi beban mati, beban hidup, dan beban gempa.

4.3.2.1 Beban Mati

Beban mati terdiri dari berat sendiri elemen struktur dan berat sendiri tambahan. Berat sendiri dari elemen struktur (*Self Weight*) dihitung secara otomatis oleh program bantu analisis struktur. Sementara untuk berat sendiri tambahan (*Superimposed Dead Load*) terdiri atas beban merata pada pelat serta beban akibat dinding. Rinciannya adalah :

a. Lantai Atap

- Ducting Mekanikal : 40 kg/m²
- Lapisan Waterproofing : 14 Kg/m²
- Beban Penggantung Langit-langit : 11 kg/m²
- Beban Plafond : 7 Kg/m²

b. Lantai 1 - Lantai 10

- Ducting Mekanikal : 40 kg/m²
- Lapisan Waterproofing : 14 Kg/m²

- Beban Penggantung Langit-langit : 11 kg/m²
- Beban Plafond : 7 Kg/m²
- Keramik dan spesi : 43 Kg/m²

4.3.2.2 Beban Hidup

Beban hidup yang digunakan tidak dikalikan dengan faktor reduksi. Rincian beban hidup yang digunakan adalah :

- Beban hidup lantai Parkiran : 400 Kg/m²
- Beban hidup lantai (hotel) : 400 Kg/m²
- Reaksi Beban Balok Akibat Elevator
R = 8000 Kg

4.3.2.3 Beban Gempa

Beban gempa dianalisis dengan metode *dinamik respons spectra* dan statik ekuivalen menurut SNI 1726-2012.

a. Menghitung Berat Struktur Per Lantai

Perhitungan berat struktur per lantai meliputi berat sendiri elemen struktur dan berat akibat beban hidup total yang membebani struktur. Beban hidup yang dihitung sebagai berat struktur tidak dikenakan faktor reduksi. Berat struktur per lantai ini bisa didapat langsung dari program bantu analisis struktur yaitu salah satunya SAP2000. Rangkuman hasil perhitungan berat struktur per lantai disajikan dalam Tabel 6.1

Tabel 4.6 Rangkuman Hasil Perhitungan Berat Struktur Per Lantai

Wi	w DL struktur (Kg)	w DL tambahan (Kg)	w LL (Kg)	Wi (Kg)
w0	1303134,0	154132,0	545600,0	2002866,0
w1	1206478,8	5198,0	471600,0	1683276,8
w2	1206478,8	133227,0	471600,0	1811305,8
w3	1171050,0	133227,0	294750,0	1599027,0
w4	1144150,8	114356,0	253000,0	1511506,8
w5	1038949,2	114356,0	253000,0	1406305,2
w6	1016581,2	114356,0	253000,0	1383937,2
w7	942598,8	86332,0	191000,0	1219930,8
w8	942598,8	86332,0	191000,0	1219930,8
w9	942598,8	86332,0	191000,0	1219930,8
w10	942598,8	86332,0	191000,0	1219930,8
Total	11.857.218,0			16277948,0

- b. Menentukan Kategori Resiko Bangunan Gedung
Berdasarkan Tabel 3.3 atau SNI 1726:2012 Tabel 1, bangunan yang dirancang masuk kedalam **kategori resiko II**.
- c. Menentukan Faktor Keutamaan Gempa
Berdasarkan Tabel 3.4 bangunan yang dirancang masuk kedalam Kategori Risiko Bangunan II. Bangunan dengan Kategori Bangunan ini mempunyai nilai $I_e = 1$ (Tabel 3.3 dan Tabel 3.4)
- d. Menentukan Klasifikasi Situs

Menurut SNI 1726:2012 pasal 5.3 untuk menentukan klasifikasi situs dapat ditentukan salah satunya dengan menentukan nilai N berdasarkan data hasil SPT.

Adapun definisi parameter kelas situs yang menggunakan data SPT dapat dilihat pada SNI 1726:2012 pasal 5.4.2 persamaan (2)

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}} \quad (1)$$

Keterangan:

d_i = tebal setiap lapisan antara kedalaman 0 sampai 30 meter;

$$\sum_{i=1}^n d_i = 30 \text{ meter} \quad (2)$$

N_i = tahanan penetrasi standar yang terukur langsung dilapangan.

. Berdasarkan hasil perhitungan nilai N pada Tabel 6.2 diketahui situs merupakan Tanah Sedang (SD) $N = 15$ sampai 50

Tabel 4.7 Perhitungan Nilai \bar{N}

LAPIS AN K-i	KETE BALA N (m)	DESKRIPSI	N-SPT (blow/ft)	N-SPT (blow/m)	di/Ni
1	0,80	URUGAN LEMPUNG LANAU	-		-
2	1,50	LEMPUNG KELANAUAN	8,00	26,32	0,057
3	2,80	LEMPUNG KELANAUAN	8,50	27,96	0,3294
4	3,40	LEMPUNG LANAU KEPASIRAN	15,00	49,34	0,2267
5	1,80	LANAU KELEMPUNGAN KERAS	32,00	105,26	0,0563
6	2,75	LANAU KELEMPUNGAN TEGUH	17,50	57,57	0,1571

7	4,90	PASIR GRADSASI KASAR CAMPUR GRAVEL SEDIKIT LANAU	50,00	164,47	0,098
8	2,60	LANAU KELEMPUNGAN TEGUH	21,50	70,72	0,1209
9	5,40	LANAU KELEMPUNGAN TEGUH	19,75	64,97	0,2734
10	4,50	LANAU KELEMPUNGAN TEGUH	22,33	73,46	0,2015

$$\sum_{i=1}^n d_i = d_1 + d_2 + d_3 = 30,45$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i} = \frac{d_1}{N_1} + \frac{d_2}{N_2} + \frac{d_3}{N_3} = 1,52$$

$$\overline{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}} = 20,028$$

(15<N<50) SD (TANAH SEDANG)

e. Menentukan Parameter Percepatan Gempa

Nilai parameter percepatan gempa didapat dari peta zonasi gempa Gambar 3.2 dan Gambar 3.3 untuk kota Padang didapat nilai $S_1 = 0.6g$ dan $S_s = 2 g$.

f. Menentukan koefisien situs F_a dan F_v

Berdasarkan Tabel 3.7 dan Tabel 3.8 diketahui nilai $F_a = 1,0$ dan $F_v = 1.5$

g. Menghitung parameter percepatan desain spektral

Sebelum menentukan parameter percepatan desain spectral perlu dihitung nilai parameter respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan pada periode 1 detik (S_{M1}) dengan persamaan (3-4) dan (3-5) Selanjutnya nilai S_{DS} dan S_{D1} dapat dicari dengan persamaan (3-6) dan (3-7)

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1 \times 1.5 = 1.5g$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 1,5 \times 0,6 = 0,9$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 1,5 = 1,33$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,9 = 0,6$$

h. Menggambar Grafik Respon Spektrum

Untuk grafik respons spektrum rencana penggambarannya mengikuti ketentuan berikut :

Nilai parameter periode pendekatan :

$$- Ct = 0,0466$$

$$- X = 0,9$$

Periode fundamental pendekatan :

$$Ta = Ct \times hn^x = 0,0466 \times 48 = 1,52$$

$$To = 0,2 \times SD1/SDs = 0,09$$

$$Ts = 1 \times SD1/SDs = 0,45$$

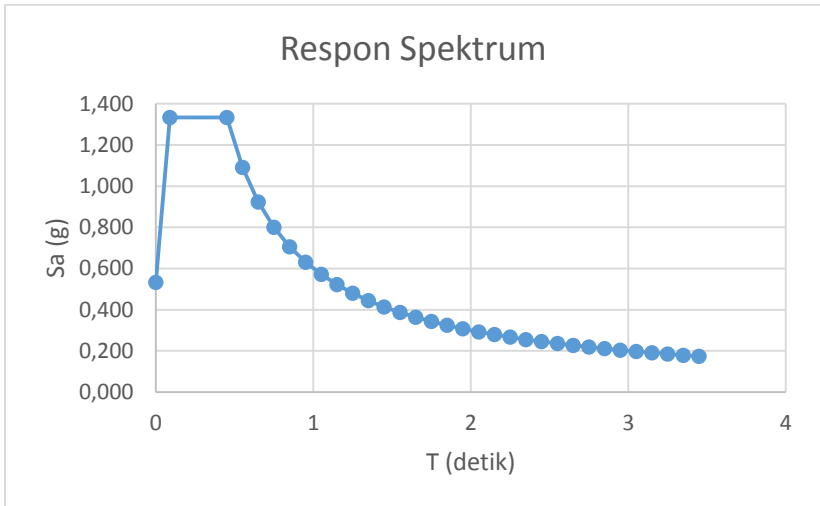
$$Sa = SDs \times (0,4 + 0,6 \frac{T}{To}) = 0,533$$

Tabel 6.3 Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan Respon Spektra (Sa) gambar berdasarkan ketentuan SNI 1726:2012 Pasal 6.4

Tabel 4.8 Periode Fundamental (T) dan Perc. Respon Spektra (Sa)

T	T	Sa
	DETIK	G
0	0	0,533
TO	0,09	1,333
TS	0,45	1,333
Ts+0,1	0,55	1,091
Ts+0,2	0,65	0,923
Ts+0,3	0,75	0,800
Ts+0,4	0,85	0,706

Ts+0,5	0,95	0,632
Ts+0,6	1,05	0,571
Ts+0,7	1,15	0,522
Ts+0,8	1,25	0,480
Ts+0,9	1,35	0,444
Ts+1,0	1,45	0,414
Ts+1,1	1,55	0,387
Ts+1,2	1,65	0,364
Ts+1,3	1,75	0,343
Ts+1,4	1,85	0,324
Ts+1,5	1,95	0,308
Ts+1,6	2,05	0,293
Ts+1,7	2,15	0,279
Ts+1,8	2,25	0,267
Ts+1,9	2,35	0,255
Ts+2,0	2,45	0,245
Ts+2,1	2,55	0,235
Ts+2,2	2,65	0,226
Ts+2,3	2,75	0,218
Ts+2,4	2,85	0,211
Ts+2,5	2,95	0,203
Ts+2,6	3,05	0,197
Ts+2,7	3,15	0,190
Ts+2,8	3,25	0,185
Ts+2,9	3,35	0,179
Ts+3,0	3,45	0,174



Gambar 4.21 Hasil Grafik Spektrum Respon Desain

Nilai *spectrum respons* tersebut harus dikalikan dengan suatu faktor skala (*scale factor*) yang besarnya $S_f = g \frac{I_e}{R}$

(g = percepatan gravitasi ($g=9,81\text{m/detik}$))

$$\text{Scale_factor} = 9,81 \times \frac{1}{8} = 1,22625$$

Dikarnakan gempa dua arah yaitu arah x,y maka beban gempa didistribusikan 100 % kearah x 30 % kearah y jika ditinjau dari sumbu x dan sebaliknya. Sehingga scale factor arah x = 1,22625 dan scale factor arah y = $0,3 \times 1,22625 = 0,367875$

i. Menentukan Kategori Desain Seismik

Berdasarkan Tabel 3.8 dan Tabel 3.9, dilihat dari kategori resiko yang didapat pada tinjauan sebelumnya maka diketahui

bangunan termasuk kategori desain *seismic* D untuk kedua parameter S_{DS} dan S_{D1} .

- j. Menentukan parameter struktur R , C_d , dan Ω_0

Berdasarkan tabel 3.10 atau SNI 1726:2012 pasal 7.2.2 tabel.9 didapat nilai parameter struktur bangunan untuk rangka beton bertulang pemikul momen khusus adalah :

$$R = 8$$

$$C_d = 5,5$$

$$\Omega_0 = 3$$

- k. Menghitung Batas Atas Periode Struktur

Periode struktur bangunan dibatasi dengan mengalikan nilai periode fundamental perkiraan dengan koefisien C_u . Berdasarkan nilai S_{D1} yang didapat dari perhitungan sebelumnya yaitu 0,4g maka didapat nilai $C_u = 1,4$ yang terdapat pada Tabel 3.13 atau SNI 1726:2012 tabel 14.

$$C_u \times T_a = 1,4 \times 1,289 = 2,13 \text{ detik}$$

$$T_a = C_t \times h_n^x = 0,0466 \times 48 = 1,52 \text{ detik}$$

Tabel 4.9 Nilai T_c dari Output SAP

TABLE: Modal Participating Mass Ratios			
OutputCase	StepType	StepNum	Period
Text	Text	Unitless	Sec
MODAL	Mode	1	1,767353
MODAL	Mode	2	1,65775
MODAL	Mode	3	1,559629

$$T_c = 1,767$$

$$\text{Cek : } T_a < T_c < C_u \times T_a$$

$$1,52 \text{ detik} < 1,767 \text{ detik} < 2,13 \text{ detik (OK)}$$

$$\text{Maka } T \text{ pakai} = T_c = 1,767 \text{ detik}$$

1. Menentukan Koefisien Respons Seismik

Koefisien respons seismic C_s , harus sesuai dengan ketentuan SNI 03-2847-2012 pasal 7.8.1.1

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)}$$

Dimana:

$$S_{DS} = 1,33$$

$$S_{D1} = 0.6$$

$$R=8 \text{ (SRPMK, Tabel 9 SNI 03-1726-2012)}$$

$$I= 1 \text{ (Gedung Rumah Sakit, Tabel 1 SNI 03-1726-2012)}$$

$$C_s \text{ perlu} = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I_e}} = \frac{0,6}{\frac{8}{1}} = 0,075$$

Nilai C_s tidak perlu lebih dari

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0.6}{1,767d\left(\frac{8}{1}\right)} = 0.08$$

Dan nilai C_s tidak kurang dari

$$C_{s \text{ min}} = 0,044 S_{DS} . I_e \geq 0,01 \quad (OK)$$

$$C_{s \text{ min}} = 0,044 . 1.1 = 0,044 \geq 0,01$$

digunakan $C_s = 0,08$

m. Menentukan Gaya Geser Dasar Seismik

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.8.1, gaya gempa lateral didapat dengan mengalikan dengan berat bangunan dengan koefisien respon seismik.

$$V = C_s . W = 0,08 \times 16277,948 \text{ T} = 1302,236 \text{ T/detik}$$

4.3.3 Kombinasi Pembebanan

Pembebanan struktur beton harus mampu memikul semua beban kombinasi pembebanan di bawah ini berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 4.2.2:

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
3. $1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } R) + 0,5(L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2D + 1,0 W + L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
5. $1,2D + 1,0E + L$
6. $0,9D + 1,0W$
7. $0,9D + 1,0E$

Keterangan : D : Beban Mati

L : Beban Hidup

L_r atau R : Beban Hujan

W: Beban Angin

E : Beban Gempa

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.4.2 pengaruh beban gempa E harus ditentukan sesuai dengan berikut:

- a. Untuk penggunaan dalam kombinasi beban 5

$$E = E_h + E_v$$

Keterangan :

$$E_h = \rho Q_E \text{ dan } E_v = 0,2 S_{DS} D$$

$$\text{Sehingga: } E = \rho Q_E + 0,2 S_{DS} D$$

- b. Untuk penggunaan dalam kombinasi beban 7

$$E = E_h - E_v$$

$$E = \rho Q_E - 0,2 S_{DS} D$$

Keterangan :

E_h : Pengaruh beban gempa horizontal

E_v : Pengaruh beban gempa vertical

ρ : Faktor redundansi

Q_E : Pengaruh gaya gempa horizontal dari V atau F_p .

S_{DS} : Parameter percepatan spektrum respons desain pada perioda pendek yang diperoleh

D : Pengaruh beban mati

Berdasarkan pasal 7.3.4.2 pada perhitungan pengaruh beban gempa horizontal digunakan faktor redundansi, ρ , sebesar 1,3 (Kategori Desain Seismik D), dan SDS yang didapat sebesar 1. Sehingga :

- Pengaruh beban gempa ntuk penggunaan dalam kombinasi 5
 $E = 1,3Q_E + 0,2 \times 1 \times D = 1,3Q_E + 0,2D$
- Pengaruh beban gempa ntuk penggunaan dalam kombinasi 7
 $E = 1,3Q_E - 0,2 \times 1 \times D = 1,3Q_E - 0,2D$

Berdasarkan ketentuan ini kombinasi pembebanan yang digunakan adalah :

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L$
3. a) $1,2D + 1,3(Q_x + 0,3Q_y) + 0,2D + L$
 $1,4D + 1,3(Q_x + 0,3Q_y) + L$
 b) $1,4D + 1,3(Q_x - 0,3Q_y) + L$
 c) $1,4D + 1,3(-Q_x + 0,3Q_y) + L$
 d) $1,4D + 1,3(-Q_x - 0,3Q_y) + L$
 e) $1,4D + 1,3(0,3Q_x + Q_y) + L$
 f) $1,4D + 1,3(0,3Q_x - Q_y) + L$
 g) $1,4D + 1,3(-0,3Q_x + Q_y) + L$
 h) $1,4D + 1,3(-0,3Q_x - Q_y) + L$
 i) $1,4D + 1,3(RS_x - 0,3RS_y) + L$
 j) $1,4D + 1,3(0,3RS_x - RS_y) + L$
4. a) $0,9D + 1,3(Q_x + 0,3Q_y) - 0,2D$
 $0,7D + 1,3(Q_x + 0,3Q_y)$
 b) $0,7D + 1,3(Q_x - 0,3Q_y)$
 c) $0,7D + 1,3(-Q_x + 0,3Q_y)$
 d) $0,7D + 1,3(-Q_x - 0,3Q_y)$
 e) $0,7D + 1,3(0,3Q_x + Q_y)$
 f) $0,7D + 1,3(0,3Q_x - Q_y)$
 g) $0,7D + 1,3(-0,3Q_x + Q_y)$
 h) $0,7D + 1,3(-0,3Q_x - Q_y)$
 i) $0,7D + 1,3(RS_x - 0,3RS_y)$
 j) $0,7D + 1,3(0,3RS_x - RS_y)$

4.3.4 Kontrol Partisipasi Massa

Untuk mendapatkan hasil analisis struktur yang baik, analisis yang dilakukan harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi minimal 90 dari massa aktual dari masing-masing arah horizontal orthogonal dari respon yang ditinjau model (SNI 03-1726-2012 pasal 7.9.1). Dari hasil analisis struktur pada Tabel 6.7 diketahui partisipasi massa mencapai minimal 90% pada mode shape ke 20.

Tabel 4.10 Rasio Partisipasi Massa

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	4	0,781323	0,00004158	0,113	5,995E-09	0,533	0,628
MODAL	Mode	5	0,70801	0,166	0,0001158	0,00001288	0,699	0,629
MODAL	Mode	6	0,641044	0,0001013	0,05	4,139E-07	0,699	0,678
MODAL	Mode	7	0,449015	0,00001664	0,054	1,709E-07	0,699	0,732
MODAL	Mode	8	0,404334	0,052	0,0007392	0,00006205	0,751	0,733
MODAL	Mode	9	0,393854	0,001084	0,026	7,241E-07	0,752	0,759
MODAL	Mode	10	0,324622	0,000009823	0,041	0,00001261	0,752	0,8
MODAL	Mode	11	0,301544	0,068	0,00003139	0,0001223	0,82	0,8
MODAL	Mode	12	0,274973	0,00008423	0,013	0,00001032	0,82	0,813
MODAL	Mode	13	0,235252	0,01	0,000007365	0,001381	0,831	0,813
MODAL	Mode	14	0,216693	0,0000312	0,018	0,00002833	0,831	0,831
MODAL	Mode	15	0,181073	0,004815	0,003507	0,001415	0,835	0,834
MODAL	Mode	16	0,156331	0,013	0,013	0,0004247	0,849	0,847
MODAL	Mode	17	0,141778	0,00996	0,018	0,001168	0,859	0,865
MODAL	Mode	18	0,103178	0,017	0,002851	0,0004187	0,876	0,868
MODAL	Mode	19	0,05968	0,003795	0,034	0,0003308	0,88	0,902
MODAL	Mode	20	0,035019	0,045	0,004512	0,0004083	0,925	0,906

4.3.5 Hasil Analisa Fixed Base Structure

Hasil analisa struktur *fixed base* berupa nilai periode (T) simpangan antar tingkat yang harus dikontrol. Nilai redaman untuk struktur beton diambil, *Damping* = 0,05. Dari hasil analisa struktur menggunakan SAP 2000 pada tabel 6.4, didapat nilai T (Periode Getar Fundamental Struktur) $T_c = 1,767$ detik

4.3.5.1 Kontrol Batas Atas Periode Struktur

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1, Periode fundamental struktur (T) yang digunakan:

- Jika $T_c > C_u \times T_a$ maka digunakan $T = C_u \times T_a$
- Jika $T_a < T_c < C_u \times T_a$ maka digunakan $T = T_c$
- Jika $T_c < T_a$ maka digunakan $T = T_a$

Cek : $T_a < T_c < C_u \times T_a$

1,52 detik $<$ 1,76 detik $<$ 2,13 detik (OK)

Maka T pakai = $T_c = 1,76$ detik

4.3.5.2 Kontrol Nilai Akhir Respons Spektrum

Nilai V_{dinamik} (V_t) dan V_{statik} (V) didapatkan dari base reaction hasil analisis struktur. SNI 03-1726-2012 pasal 7.9.4 mensyaratkan nilai akhir V_{dinamik} minimal 85% dari V_{statik} ($V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 V_{\text{statik}}$). Bila syarat ini tak terpenuhi maka gaya geser dasar ragam perlu dikalikan faktor skala gaya sebesar 0,85 V/V_t (SNI-1726-2012 pasal 7.9.4.1).

Nilai gaya geser dasar statik dan gaya geser dasar dinamik ditampilkan pada Tabel 6.8. Berdasarkan Tabel 6.8 ini diketahui bahwa rasio $V_{\text{dinamik}} / V_{\text{statik}}$ selalu lebih besar dari 0,85 sehingga gaya geser dasar ragam tidak perlu dikalikan faktor skala gaya.

Tabel 4.11 Gaya Geser Dasar Dinamik dan Statik

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	Text	Kgf	Kgf
gempa x	Combination	Max	1785211,89	1166575,86
gempa x	Combination	Min	-1785211,89	-1166575,86
gempa y	Combination	Max	1200149,58	1939392,07
gempa y	Combination	Min	-1200149,58	-1939392,07

$$V \text{ din } X = 1785,21189 \quad T > 0,85 \times 1510,7 = 1284,1 \quad T \text{ OK}$$

$$V \text{ din } Y = 1939,39207 \quad T > 0,85 \times 1340,2 = 1139,1 \quad T \text{ OK}$$

Pada perencanaan struktur *base isolator* ini, kontrol hanya dilakukan batas perioda dan kontrol terhadap nilai akhir respon spectrum dengan gempa statik ekuivalen, dan periode yang memenuhi digunakan untuk perhitungan desain dimensi *base isolator* pada struktur.

4.3.5.3 Kontrol Simpangan

Tabel 4.12 Simpangan arah X

no	Keterangan Lantai	Tinggi Tingkat	Perpindahan E.	Perpindahan Diperbesar	Story Drift	Story Drift Ijin	Syarat
		(hsx)	(δ_e)	(δ)	(Δ)	(Δ_a)	$\Delta < \Delta_a < (\Delta_a/\rho)$
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
1	Atap	4000	62,49	281,205	13,275	60	Oke
2	10	4000	59,54	267,93	20,385	60	Oke
3	9	4000	55,01	247,545	26,505	60	Oke
4	8	4000	49,12	221,04	30,825	60	Oke
5	7	4000	42,27	190,215	33,165	60	Oke
6	6	4800	34,9	157,05	33,75	72	Oke
7	5	4800	27,4	123,3	41,085	72	Oke
8	4	3300	18,27	82,215	30,24	50	Oke
9	3	4500	11,55	51,975	18,81	68	Oke
10	2	3000	7,37	33,165	18,135	45	Oke
11	1	4400	3,34	15,03	15,03	66	Oke
12	Dasar	2000	0	0	0	30	Oke

Tabel 4.13 Simpangan arah Y

no	Keterangan Lantai	Tinggi Tingkat	Perpindahan E.	Perpindahan Diperbesar	Story Drift	Story Drift Ijin	Syarat
		(hsx)	(δ_e)	(δ)	(Δ)	(Δ_a)	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
1	Atap	4000	64,16	288,72	15,075	60	Oke
2	10	4000	60,81	273,645	20,7	60	Oke
3	9	4000	56,21	252,945	25,155	60	Oke
4	8	4000	50,62	227,79	28,98	60	Oke
5	7	4000	44,18	198,81	32,715	60	Oke
6	6	4800	36,91	166,095	42,885	72	Oke
7	5	4800	27,38	123,21	45,36	72	Oke
8	4	3300	17,3	77,85	31,005	50	Oke
9	3	4500	10,41	46,845	14,49	68	Oke
10	2	3000	7,19	32,355	15,525	45	Oke
11	1	4400	3,74	16,83	16,83	66	Oke
12	Dasar	2000	0	0	0	30	Oke

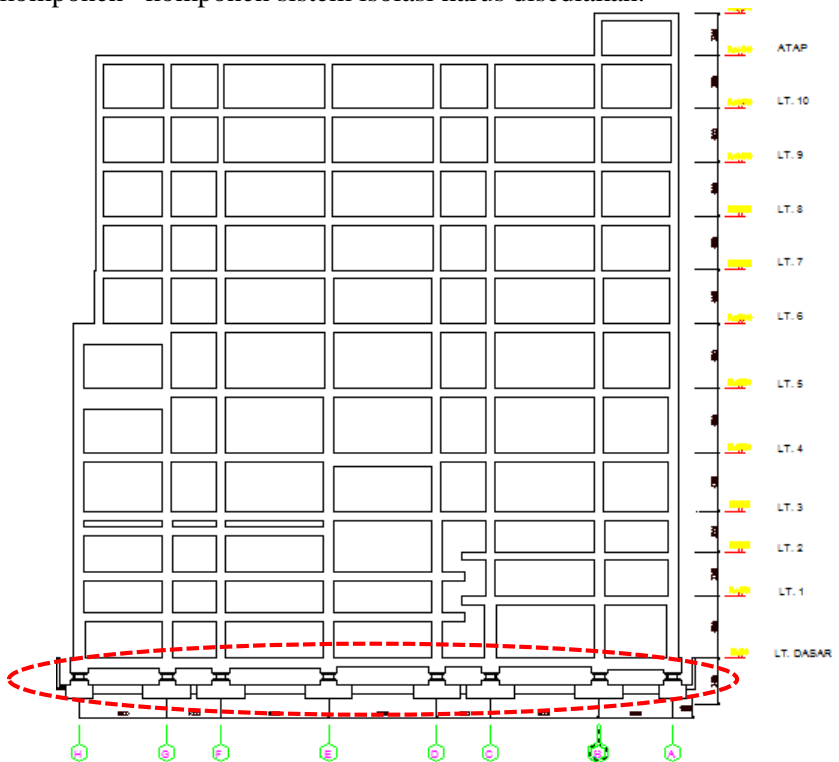
4.3.6 Perhitungan Sistem Struktur Base Isolator.

4.3.6.1 Persyaratan Perencanaan Umum

Pada SNI 1726:2012 Pasal 12.2, 12.4.1 dan Pasal 12.4.2 menyatakan persyaratan dan prosedur analisis sistem *isolation structure*. seperti :

1. Ruang Pemeriksaan dan penggantian (Pasal 12.2.48)

Jalan akses untuk pemeriksaan dan penggantian semua komponen –komponen sistem isolasi harus disediakan.



Gambar 4.22 Ruang Pemeriksaan *Base Isolator* dengan ketinggian (h) 2 m

2. Stabilitas beban vertikal (Pasal 12.2.4.6)

Setiap elemen sistem isolasi harus direncanakan agar stabil akibat beban vertikal rencana yang mengalami suatu perpindahan horizontal sama dengan perpindahan maksimum total.

Analisa fixed struktur dengan dimensi rencana telah memenuhi, dengan melakukan kontrol terhadap simpangan antar lantai dan periode yang terjadi.

3. Ketentuan Prosedur Analisis *Isolation Structure* (Pasal 12.4)

- Struktur terletak di situs dengan S_1 kurang atau sama dengan 0,6 g.
- Struktur terletak pada kelas situs SA , SB , SC , atau SD
- Periode efektif struktur dengan isolasi pada perpindahan maksimum, T_M , kurang atau sama dengan 3,0 detik.
- Periode efektif struktur dengan isolasi pada perpindahan rencana lebih besar dari 3 kali periode elastik struktur terjepit dari struktur diatas sistem isolasi.

Maka :

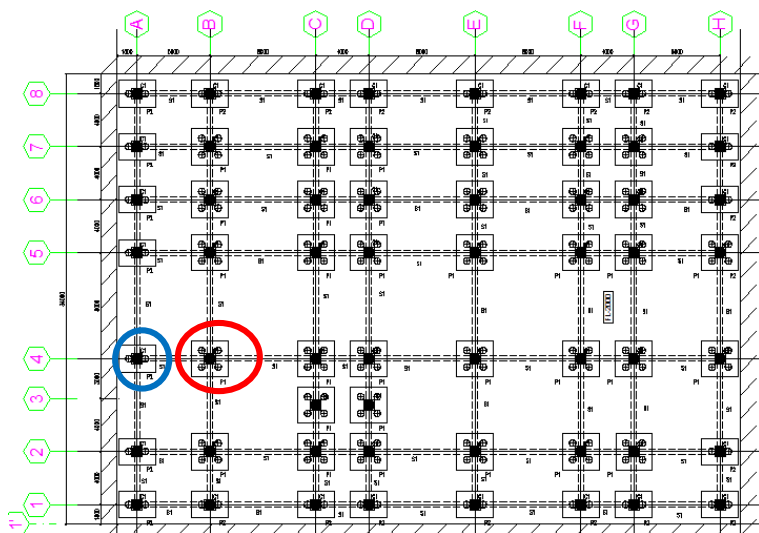
$$T_c = 1,767 \text{ detik (Perioda Terjadi)}$$

$$T_D = 3 \times 1,767 = 5,3 \text{ detik}$$

(Periode Untuk Desain Dimensi HDRB)

4.3.6.2 Perhitungan Dimensi *High Damping Rubber Bearing* (HDRB)

- Layout Pemasangan Base Isolator



Gambar 4.23 Sampel titik reaksi terbesar pada kolom interior dan eksterior (Pada Lingkaran Merah dan Biru)

Hasil Analisa *Fixed Based Structure* Menggunakan SAP 2000 v.17 2 diperoleh reaksi terbesar terjadi pada :

Kolom Interior (Titik 20) = **953 T**

Kolom Eksterior (Titik 32) = **555 T**

1. Perhitungan Desain HDRB Kolom Interior.

- Kekakuan Base Isolator Rencana

Berdasarkan analisa *fixed-based*, diperoleh periode alami struktur ialah $T_1 = 1,767$ detik dan periode rencana T_D untuk desain HDRB adalah $T_D = 3 \times T_1 = 5,3$ detik

Asumsi spesifikasi awal material rubber

- Modulus shear (G) = $0,620 \text{ N/mm}^2 = 0,620 \text{ MN/m}^2$
- Ketebalan rubber (tr) = 200 mm

- Reaksi (titik 20) (m) = 953 T = 9,53 MN
- Nilai kekakuan horizontal base isolation :

$$K_h^1 = \frac{m \times (\frac{2\pi}{T})^2}{P_j \text{ Bentang}} = \frac{9,53 \times (\frac{2\pi}{5,3})^2}{6,8} = 1,98$$

- Nilai Luasan Rubber

$$K_h^1 = \frac{G_t \times A}{t_r} \rightarrow A = \frac{K_H \times Tr}{G} = \frac{1,98 \times 0,2}{0,62} = 0,63 \text{ m}^2$$

Sehingga diperoleh nilai diameter rubber :

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \Rightarrow D = \sqrt{\frac{(4A)}{\pi}} = 0,887 \text{ m} \Rightarrow 900 \text{ mm}$$

2. Perhitungan Desain HDRB Kolom Eksterior.

- *Kekakuan Base Isolator Rencana*

Berdasarkan analisa *fixed-based*, diperoleh periode alami struktur ialah $T_1 = 1,767$ detik dan periode rencana T_D untuk desain HDRB adalah $T_D = 3 \times T_1 = 5,3$ detik

Asumsi spesifikasi awal material rubber

- Modulus shear (G) = $0,620 \text{ N/mm}^2 = 0,620 \text{ MN/m}^2$
- Ketebalan rubber (tr) = 200 mm
- Reaksi (titik 20) (m) = 555 T = 5,55 MN
- Nilai kekakuan horizontal base isolation :

$$K_h^1 = \frac{m \times (\frac{2\pi}{T})^2}{P_j \text{ Bentang}} = \frac{5,55 \times (\frac{2\pi}{5,3})^2}{6,8} = 1,15$$

- Nilai Luasan Rubber

Sehingga diperoleh nilai diameter rubber :

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \Rightarrow D = \sqrt{\frac{(4A)}{\pi}} = 0,668m \Rightarrow 750mm$$

3. Properti Dimensi

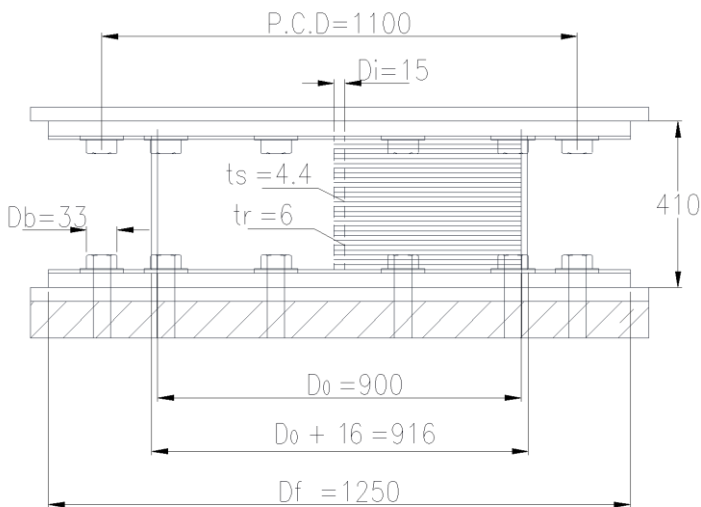
Properti dimensi yang digunakan adalah data-data dari brosur Bridgestone *Design Characterictics of High Damping Rubber Bearing (Lampiran)*.

Tabel 4.14 *Dimension and Performance Properties of HDRB, Total Rubber Thickness 200 mm*

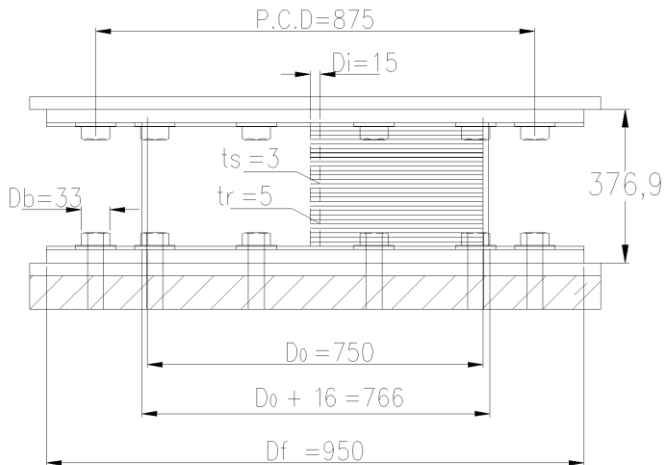
Compound		Unit	HH90X6R	HH75X6R
Effective Outer Dia	dO	mm	900	750
Shear Modulus	G	N/mm ²	0,620	0,620
Thickness of Rubber Layer	tr	mm	6	5
Number of rubber layer	n		33	40
Total rubber thickness	Tr	mm	200	200
Compound		Unit	HH90X6R	HH75X6R
First shape factor	S1	Mm	36,7	36,8
Second shape factor	S2	N/mm ²	4,55	3,75
Inner or Lead diameter	di	mm	20	15
Height	H	mm	410,8	376,9
Weight	W	KN	14,6	8,9

Tabel 4.15 Karakteristik Desain HDRB

Product code		Unit	HH90X6R	HH75X6R
Nominal stress (vertical)	σ_s	N/mm ²	15	10.1
Shear stiffness (horizontal)	Kh	x10 ³ kN/m	1,99	1,37
Effective Damping Ratio			0,240	0,240
Ultimate compressive stress	σ_c	N/mm ²	35,23	34,7
Ultimate tensile stress	σ_{tu}	N/m ²	1.0	1.0
Compressive stiffness	Kv	X 10 ³ kN/m	4490	3090
Strength yield	kN		161	112
Ultimate Displacement	d/2	mm	450	375



Gambar 4.24 Properties Desain HDRB Interior HH90X6R



Gambar 4.24 Properties Desain HDRB Eksterior HH75X6R

4.3.6.3 Analisa Isolation Structure

Pada tahap ini dilakukan kembali analisa struktur sesuai dengan ketentuan sistem base isolator menurut SNI 1726-2012.

- Reduksi gempa (R) = 2 untuk *isolation structure*.
- Effective Damping Ratio = 0,24 = 24 %

Tabel 4.16 Koefisien redaman B_D atau B_M

Redaman Efektif, β_D atau β_M (persentase dari redaman kritis) ^{a,b}	Faktor B_D atau B_M
≤ 2	0,8
5	1,0
10	1,2
20	1,5
30	1,7
40	1,9
≥ 50	2,0

Untuk redaman effective 24 % maka dilakukan interpolasi untuk mendapatkan B_D atau B_M , maka :

$$B_D \text{ \& } B_M = 1.5 - \left(\frac{(20 - 24)}{(20 - 30)} (1.5 - 1, 7) \right) = 1,58$$

Maka digunakan B_D dan B_M sebesar 1,58

- Periode Efektif

T_D = Periode efektif struktur dengan isolasi seismic, dalam detik pada perpindahan rencana dalam arah yang ditinjau.

T_M = Periode efektif struktur dengan isolasi seismic, dalam detik pada perpindahan maksimum dalam arah yang ditinjau.

Maka : $T_D = 5,3$ dan $T_M = 6,4$

- Menghitung Kekakuan Efektif.

K_{Dmin} = kekakuan efektif minimum sistem isolasi, dalam kN/mm, pada perpindahan rencana diarah horizontal yang ditinjau.

K_{Mmin} = kekakuan efektif minimum sistem isolasi, dalam kN/mm, pada perpindahan maksimum diarah horizontal yang ditinjau.

(SNI 1726:2012 pasal 12.5.3.2)

$$\begin{aligned} T_D &= 2\pi \sqrt{\frac{w}{k_{Dmin} g}} \\ K_{Dmin} &= (2\pi)^2 \frac{w}{T_D^2 g} \\ &= (2\pi)^2 \frac{162779,48}{6,1^2 \times 9,8} \\ &= 17493,524 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

(SNI 1726:2012 pasal 12.5.3.4)

$$T_m = 2\pi \sqrt{\frac{w}{k_{Mmin} g}}$$

$$\begin{aligned}
 K_{Mmin} &= (2\pi)^2 \frac{W}{Tm^2 g} \\
 &= (2\pi)^2 \frac{162779,48}{67,2^2 \times 9,8} \\
 &= 12383,80 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

- Menghitung kekakuan efektif maksimum

K_{Dmax} = kekakuan efektif maksimum sistem isolasi, dalam kN/mm, pada perpindahan rencana diarah horizontal yang ditinjau.

K_{Mmax} = kekakuan efektif maksimum sistem isolasi, dalam kN/mm, pada perpindahan maksimum diarah horizontal yang ditinjau.

Menghitung kekakuan efektif maksimum bisa dilakukan asumsi sebesar $a + 10\%$ dari kekakuan minimum yang telah diperoleh.

$$\begin{aligned}
 KD_{max} &= 1,1 \frac{17493,524}{0,9} = 21380,97 \text{ kN/m} \\
 KM_{max} &= 1,1 \frac{12383,80}{0,9} = 15135,756 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

- Menghitung Perpindahan Lateral Minimum

Sistem isolasi harus direncanakan untuk menahan perpindahan gempa lateral minimum, D_D yang berkerja pada setiap arah sumbu horizontal utama struktur.

- Perpindahan Rencana (*SNI 1726:2012 pasal 12.5.3.1*)

$$D_D = \frac{g \cdot S_{D1} \cdot T_D}{4\pi^2 B_D}$$

Keterangan :

g = percepatan gravitasi (mm/det^2) = 9810 mm/det^2

S_{D1} = parameter percepatan spectral rencana = 0.6

$$T_{D1} = 5,3 \text{ detik}$$

$$B_D = 1,58$$

$$D_D = \frac{9810 \times 0,6 \times 6,05}{4\pi^2 \times 1,58} = 572,22 \text{ mm}$$

- Perpindahan Maksimum (*SNI 1726:2012 pasal 12.5.3.3*)

$$D_M = \frac{g \cdot S_{M1} \cdot T_M}{4\pi^2 B_M}$$

Keterangan :

g = percepatan gravitasi (mm/det^2) = 9810 mm/det^2

S_{M1} = parameter percepatan spectral rencana = 0.6

T_{M1} = 7,2 detik

B_M = 1,58

$$D_M = \frac{9810 \times 0,6 \times 7,2}{4\pi^2 \times 1,58} = 680 \text{ mm}$$

- Menghitung Gaya Lateral Minimum (*SNI 1726:2012 pasal 12.5.4*)

Sistem isolasi, fondasi dan semua elemen-elemen structural dibawah sistem isolasi harus direncanakan dan dibangun untuk menahan gaya gempa lateral minimum, V_b , dengan menggunakan semua persyaratan yang sesuai dengan persamaan berikut :

- Gaya Lateral Minimum Struktur dibawah Sistem Isolasi

$$V_b = k_{D_{\max}} D_D$$

- Gaya Lateral Minimum Struktur diatas Sistem Isolasi

$$V_s = \frac{k_{D_{\max}} \cdot D_D}{R_1}$$

Keterangan :

$$k_{D_{\max}} = 21380,97 \text{ kN/m}$$

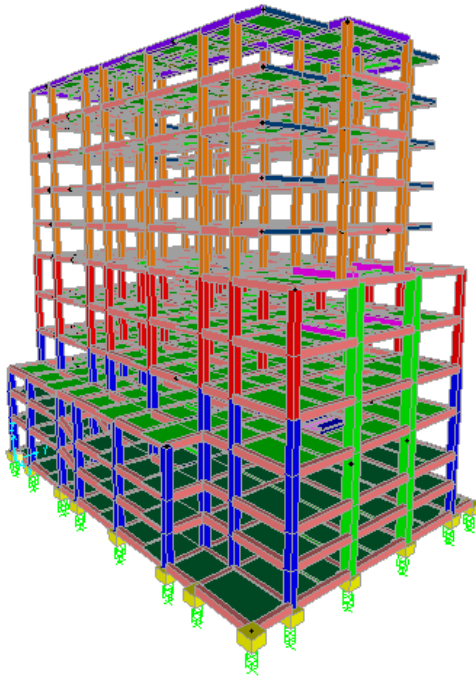
$$D_D = 572,22 \text{ mm} = 0,57222 \text{ m}$$

$$R_1 = 2 \text{ (Koefisien numerik Isolation Struktur)}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} V_b &= 21380,97 \text{ kN/m} \times 0,57222 \text{ m} \\ &= 1223,466 \text{ kN} \end{aligned}$$

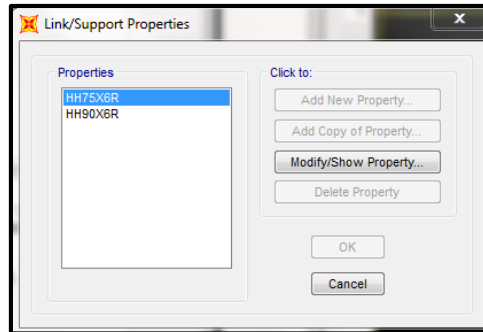
4.3.6.4 Permodelan Isolation Structur



Gambar 4.25 Permodelan *3D Isolation Structure* Pada SAP 2000

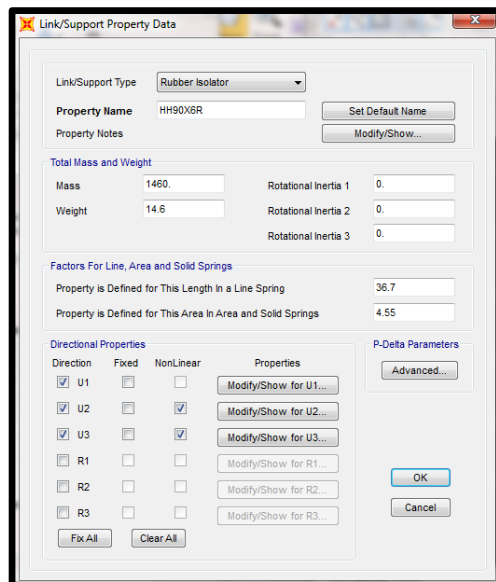
Adapun langkah-langkah input *base isolator* pada program SAP 2000 v.17 di struktur yang direncanakan adalah sebagai berikut:

1. Perletakan diassign sebagai Link/support properties, berikut adalah permodelanya pada SAP 2000



Gambar 4.26 Input seismic isolation

2. Input data spesifikasi dari dimensi HDRB yang telah diperoleh HH90X6R dan HH75X6R



Gambar 4.27 Input Spesifikasi HDRB

3. Kemudian dilakukan input data Directional properties yang meliputi UI dalam arah vertikal dan U2-U3 dalam arah horizontal permukaan *seismic isolation*.

This screenshot shows the 'Link/Support Directional Properties' dialog box for direction U1. The 'Identification' section contains the following fields: Property Name (HH90X6R), Direction (U1), Type (Rubber Isolator), and NonLinear (No). The 'Properties Used For All Analysis Cases' section contains Effective Stiffness (4490000.) and Effective Damping (0.24). The 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Identification	
Property Name	HH90X6R
Direction	U1
Type	Rubber Isolator
NonLinear	No

Properties Used For All Analysis Cases	
Effective Stiffness	4490000.
Effective Damping	0.24

This screenshot shows the 'Link/Support Directional Properties' dialog box for direction U2. The 'Identification' section contains: Property Name (HH90X6R), Direction (U2), Type (Rubber Isolator), and NonLinear (Yes). The 'Properties Used For Linear Analysis Cases' section contains Effective Stiffness (1990.) and Effective Damping (0.24). The 'Shear Deformation Location' section contains Distance from End-J (0.4108). The 'Properties Used For Nonlinear Analysis Cases' section contains Stiffness (1990.), Yield Strength (161.), and Post Yield Stiffness Ratio (0.24). The 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Identification	
Property Name	HH90X6R
Direction	U2
Type	Rubber Isolator
NonLinear	Yes

Properties Used For Linear Analysis Cases	
Effective Stiffness	1990.
Effective Damping	0.24

Shear Deformation Location	
Distance from End-J	0.4108

Properties Used For Nonlinear Analysis Cases	
Stiffness	1990.
Yield Strength	161.
Post Yield Stiffness Ratio	0.24

This screenshot shows the 'Link/Support Directional Properties' dialog box for direction U3. The 'Identification' section contains: Property Name (HH90X6R), Direction (U3), Type (Rubber Isolator), and NonLinear (Yes). The 'Properties Used For Linear Analysis Cases' section contains Effective Stiffness (1990.) and Effective Damping (0.24). The 'Shear Deformation Location' section contains Distance from End-J (0.4108). The 'Properties Used For Nonlinear Analysis Cases' section contains Stiffness (1990.), Yield Strength (161.), and Post Yield Stiffness Ratio (0.24). The 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Identification	
Property Name	HH90X6R
Direction	U3
Type	Rubber Isolator
NonLinear	Yes

Properties Used For Linear Analysis Cases	
Effective Stiffness	1990.
Effective Damping	0.24

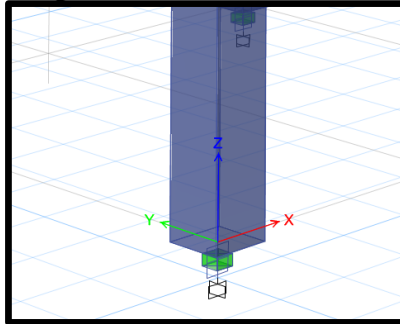
Shear Deformation Location	
Distance from End-J	0.4108

Properties Used For Nonlinear Analysis Cases	
Stiffness	1990.
Yield Strength	161.
Post Yield Stiffness Ratio	0.24

Gambar 4.28 Input directional properties HDRB

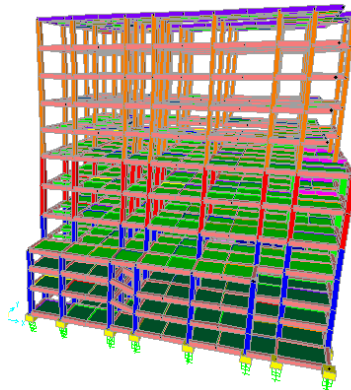
4. Draw HH90X6R dan HH75X6R Sebagai Peletakan
Klik pada joint yang ditargetkan → Draw → Draw 1
Joint Link → Pilih Link Properties (HH90X6R &
HH75X6R).

Maka peletakan base isolator pada SAP 2000 v. 17, seperti pada gambar 6.10.



Gambar 4.29 *Assign Base Isolator Pada SAP 2000 v.17*

5. *Running Analyze*



Gambar 4.30 *Pergerakan Isolation Structure Akibat Beban Gempa*

6.6.4. Kontrol Analisa *Isolation Structure*

a. Kontrol V dinamik > 0,8 V statik

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	Text	Tonf	Tonf
gempa x	Combination	Max	1012,0745	567,5073
gempa x	Combination	Min	-1012,0745	-567,5073
gempa y	Combination	Max	572,1963	1057,9621
gempa y	Combination	Min	-572,1963	-1057,9621

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.4 (FIX BASE) ,
12.6.4.2 (ISOLATOR)

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,8 \quad V_{\text{statik}}$$

$$V \text{ din X} = 988,4708 \text{ T} > 0,8 \times 1223,5 = 978,8 \text{ T OK}$$

$$V \text{ din Y} = 1057,96 \text{ T} > 0,8 \times 1223,5 = 978,8 \text{ T OK}$$

Tabel 4.17 Perbandingan V base isolator dan V Fix base

OutputCase	FIX BASE	BASE ISOLATOR	Reduksi V quake
Text	V (Ton)	V (Ton)	%
gempa x	1855,5037	988,4708	46,73%
gempa y	2025,66507	1057,96	47,77%

b. Batas Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai maksimum struktur diatas sistem isolasi tidak boleh melebihi $0,015 h_{sx}$. Simpangan antar lantai harus dihitung berdasarkan Persamaan 7.8.14 dengan faktor C_d dari sistem isolasi sama dengan faktor R_1

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e} \text{ (SNI 1726-2012 Persamaan 7.8-14)}$$

Dimana :

C_d = Faktor pembesaran defleksi (2.0).

δ_{xe} = Defleksi pada lantai x yang ditentukan dengan analisis elastis.

I_e = Faktor keutamaan (1,0).

$\Delta_a = 0,015h_{sx}$

Analisa Simpangan Antar Lantai Gempa Arah x

Tabel 4.18 Kontrol Perpindahan dan Simpangan Antar Lantai Portal Arah x.

no	Keterangan Lantai	Tinggi Tingkat	Perpindahan E.	Perpindahan Diperbesar	Story Drift	Story Drift Ijin	Syarat
		(hsx)	(δ_e)	(δ)	(Δ)	(Δ_a)	$\Delta < \Delta_a$
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	$< (\Delta_a / \rho)$
1	Atap	4000	125,75	565,875	5,04	60	Oke
2	10	4000	124,63	560,835	8,01	60	Oke
3	9	4000	122,85	552,825	11,43	60	Oke
4	8	4000	120,31	541,395	14,58	60	Oke
5	7	4000	117,07	526,815	16,65	60	Oke
6	6	4800	113,37	510,165	17,91	72	Oke
7	5	4800	109,39	492,255	22,275	72	Oke
8	4	3300	104,44	469,98	16,965	50	Oke
9	3	4500	100,67	453,015	10,665	68	Oke
10	2	3000	98,3	442,35	11,25	45	Oke
11	1	4400	95,8	431,1	14,58	66	Oke
12	Dasar	2000	92,56	416,52	3,24	30	Oke
	Base Floor	0	91,84	413,28	413,28	0	Chek

$$\Delta \delta \text{ Base isolator} = 413 < 572 \text{ mm OK}$$

- Analisa Simpangan Antar Lantai Gempa Arah Y
Kontrol Perpindahan dan Simpangan Antar Lantai Portal Arah y.

Tabel 4.19 Kontrol Perpindahan dan Simpangan Antar Lantai Portal Arah y.

no	Keterangan Lantai	Tinggi Tingkat	Perpindahan E.	Perpindahan Diperbesar	Story Drift	Story Drift Ijin	Syarat
		(hsx)	(δ_e)	(δ)	(Δ)	(Δa)	
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
1	Atap	4000	131,52	591,84	7,02	60	Oke
2	10	4000	129,96	584,82	9,585	60	Oke
3	9	4000	127,83	575,235	12,555	60	Oke
4	8	4000	125,04	562,68	15,39	60	Oke
5	7	4000	121,62	547,29	18,18	60	Oke
6	6	4800	117,58	529,11	24,57	72	Oke
7	5	4800	112,12	504,54	27,135	72	Oke
8	4	4000	106,09	477,405	19,53	60	Oke
9	3	4500	101,75	457,875	9	68	Oke
10	2	3000	99,75	448,875	9,765	45	Oke
11	1	4400	97,58	439,11	15,165	66	Oke
12	Dasar	2000	94,21	423,945	2,115	30	Oke
	Base Floor	0	93,74	421,83	421,83	0	Chek

$$\Delta \delta \text{ Base isolator} = 421,83 < 572 \text{ mm OK}$$

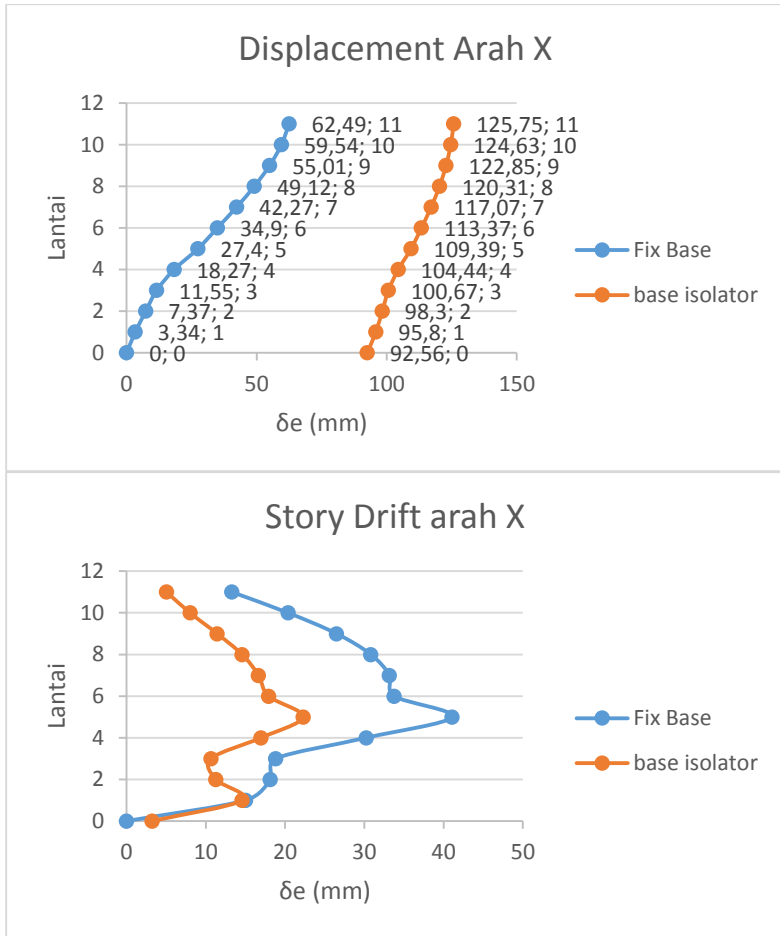
Dari hasil analisa *Isolation Structure*, simpangan antar lantai memenuhi persyaratan, Maka dapat disimpulkan struktur kuat terhadap beban perpindahan rencana, dengan kontrol terhadap perpindahan yang terjadi tidak melebihi perpindahan rencana.

Tabel 4.20 Perbandingan Simpangan Base Isolator dan Fixbase (Arah X)

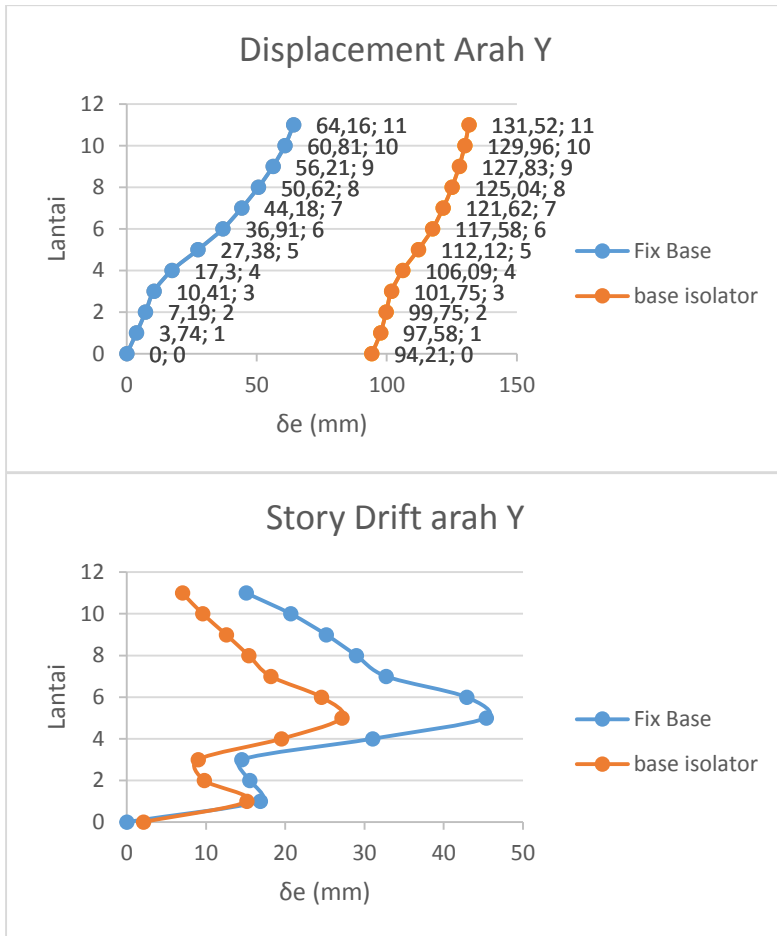
no	Keterangan Lantai		Displacement X				Story Drift X			
			Tinggi	Fix Base		Base	Fix Base		Base	
			Tingkat			Isolation			Isolation	
			(hsx)	(Δ)		(Δ)	(Δ)		(Δ)	
			(mm)	(mm)		(mm)	(mm)		(mm)	
1	11		4000	62,5		126		13,3	5,04	
2	10		4000	59,5		125		20,4	8,01	
3	9		4000	55		123		26,5	11,4	
4	8		4000	49,1		120		30,8	14,6	
5	7		4000	42,3		117		33,2	16,6	
6	6		4800	34,9		113		33,8	17,9	
7	5		4800	27,4		109		41,1	22,3	
8	4		3300	18,3		104		30,2	17	
9	3		4500	11,6		101		18,8	10,7	
10	2		3000	7,37		98,3		18,1	11,3	
11	1		4400	3,34		95,8		15	14,6	
12	0		2000	0		92,6		0	3,24	

Tabel 4.21 Perbandingan Simpangan Base Isolator dan Fixbase (arah Y)

			Displacement Y			Story Drift Y		
no	Keterangan Lantai		Tinggi Tingkat	Fix Base	Base Isolation	Fix Base	Base Isolation	
			(hsx)	(Δ)	(Δ)	(Δ)	(Δ)	
			(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
1	11		4000	64,2	132	15,1	7,02	
2	10		4000	60,8	130	20,7	9,59	
3	9		4000	56,2	128	25,2	12,6	
4	8		4000	50,6	125	29	15,4	
5	7		4000	44,2	122	32,7	18,2	
6	6		4800	36,9	118	42,9	24,6	
7	5		4800	27,4	112	45,4	27,1	
8	4		3300	17,3	106	31	19,5	
9	3		4500	10,4	102	14,5	9	
10	2		3000	7,19	99,8	15,5	9,77	
11	1		4400	3,74	97,6	16,8	15,2	
12	0		2000	0	94,2	0	2,11	



Grafik 4.1 Displacement dan Story Drift arah X



Grafik 4.1 Displacement dan Story Drift arah Y

c. Kontrol Partisipasi Massa

Untuk mendapatkan hasil analisis struktur yang baik, analisis yang dilakukan harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkomposisi minimal 90% dari massa aktual dari masing-masing arah horizontal orthogonal

dari respon yang ditinjau model (SNI 03-1726-2012 pasal 7.9.1). Dari hasil analisis struktur pada Tabel 6.7 diketahui partisipasi massa mencapai minimal 90% pada mode shape ke 2.

Tabel 4.22 Partisipasi Masa Base ISolator

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
OutputCas	StepType	StepNum	Period	UX	UY	SumUX	SumUY		
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless		
MODAL	Mode	1	3,802966	0,003208	0,981625	0,003208	0,981625		
MODAL	Mode	2	3,787161	0,983414	0,003372	0,986621	0,984997		
MODAL	Mode	3	3,337358	0,002397	0,000906	0,989018	0,985904		
MODAL	Mode	4	1,203626	1,237E-07	0,012739	0,989019	0,998643		
MODAL	Mode	5	1,101649	0,010382	4,574E-06	0,999401	0,998648		

Pada Modal ke 2 Sudah Melebihi 90%, artinya SNI 1726:2012 Sudah Terpenuhi.

d. Kontrol Ketidakberaturan Torsi

Struktur bangunan gedung harus diklasifikasikan sebagai beraturan atau tidak beraturan. Klasifikasi tersebut harus didasarkan pada konfigurasi horizontal dan vertikal dari struktur bangunan gedung. Pada sub bab ini ditinjau dari segi torsi yang terjadi pada gedung. Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.3.2.1 disebutkan bahwa simpangan antar lantai tingkat maksimum di sebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu dibatasi sesuai yang dicantumkan dalam tabel 10 pada SNI.

$$\delta \text{ rata-rata} = \frac{\delta_A + \delta_B}{2}$$

Dari hasil permodelan didapatkan $\delta \text{ max} = \delta_A = 0,140199 \text{ m}$ dan $\delta_B = 0,13268 \text{ m}$, maka $\delta \text{ rata-rata} = \frac{0,140199 + 0,13268}{2} = 0,1364395 \text{ m}$.

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.3.2.1 tabel 10 dikarenakan :

$$\begin{aligned} \delta \text{ max} &< 1,2 \delta \text{ rata-rata} \\ 0,140199 \text{ m} &< 1,2 \times 0,1364395 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$0,140199 \text{ m} < 0,1637274 \text{ mm}$$

Maka struktur tidak mengalami ketidakberaturan torsial tipe 1a maupun tipe 1b.

e. Kontrol Guling

Struktur bangunan gedung dengan sistem isolasi harus mengkaji gaya guling/angkat pada masing-masing unit-unit isolator. Sesuai pada pasal 12.2.4.7 SNI 1726-2012 faktor keamanan terhadap guling struktur secara keseluruhan di batas pemisahan isolasi tidak boleh kurang dari 1,0 untuk kombinasi pembebanan yang disyaratkan.

Tabel 4.23 Faktor Keamanan Guling Unit-unit Isolator

Joint (Base Isolator)	SF Guling	Kontrol	Joint (Base Isolator)	SF Guling	Kontrol
		SF > 1			SF > 1
65	6,426	AMAN	94	13,646	AMAN
67	11,010	AMAN	95	10,411	AMAN
69	16,504	AMAN	96	21,818	AMAN
71	6,252	AMAN	97	29,020	AMAN
72	9,018	AMAN	98	27,838	AMAN
73	13,062	AMAN	99	20,399	AMAN
74	15,794	AMAN	100	10,194	AMAN
75	21,066	AMAN	101	7,758	AMAN
76	26,164	AMAN	102	16,160	AMAN
77	16,874	AMAN	103	21,516	AMAN
78	8,914	AMAN	104	21,246	AMAN
79	8,234	AMAN	105	15,723	AMAN
80	12,213	AMAN	106	7,650	AMAN
81	14,039	AMAN	107	1,767	AMAN
82	17,335	AMAN	108	13,254	AMAN

Tabel 4.24 (lanjutan) Faktor Keamanan Guling Unit-unit Isolator

Joint (Base Isolator)	SF Guling	Kontrol	Joint (Base Isolator)	SF Guling	Kontrol
		SF > 1			SF > 1
83	16,78495	AMAN	109	22,6022	AMAN
84	12,6048	AMAN	110	22,60139	AMAN
85	8,063551	AMAN	111	13,42649	AMAN
86	8,554526	AMAN	112	1,719049	AMAN
87	12,97497	AMAN	113	1,202555	AMAN
88	14,19626	AMAN	114	7,919216	AMAN
89	18,16083	AMAN	115	17,96136	AMAN
90	17,44553	AMAN	116	17,62979	AMAN
91	13,11954	AMAN	117	7,446066	AMAN
92	8,400789	AMAN	118	1,170497	AMAN
93	13,28495	AMAN			

4.4 Perencanaan Struktur Utama

4.4.1 Perencanaan Balok Induk

Balok induk merupakan struktur utama yang memikul beban struktur sekunder dan meneruskan beban tersebut ke kolom. Di dalam preliminary desain gedung direncanakan dimensi balok induk sebesar 50/70 dengan panjang bentang 800 cm.

4.4.1.1 Penulangan Lentur

Data perencanaan yang diperlukan meliputi mutu bahan, dimensi balok, serta diameter tulangan yang digunakan.

Dimensi balok : 50/70

Tebal decking (d') : 40 mm SNI 03-2847-2013 ps (7.7)

Tulangan lentur (D) : 22 mm
 Tulangan sengkang (\emptyset) : 13 mm
 Mutu tulangan (f_y) : 400 MPa
 Mutu sengkang (f_y) : 400 MPa
 Mutu beton (f'_c) : 40 MPa

$$\begin{aligned}
 d &= h - (\text{decking} + D_{\text{sengkang}} + \frac{1}{2} \cdot D_{\text{tul. utama}}) \\
 &= 700 - (40 + 13 + 0,5 \times 25) \\
 d &= 600 - 67,5 = 634,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menentukan harga β_1

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} \quad \text{SNI 03-2847-2013 pasal (10.2.7.3)}$$

$$= 0,85 - 0,05 (40 - 28) / 7 = 0.764$$

Data reaksi sebagai berikut :

Tabel 4.25 Tabel Reaksi Balok

Gaya Aksial Terfaktor	$P_u =$	0	Kn
Tumpuan Kiri Momen Negatif	$M_u =$	490.911.883	Nmm
Tumpuan Kiri Momen Positif	$M_u =$	23.056.846	Nmm
Tumpuan Kanan Momen Negatif	$M_u =$	530.767.009	Nmm
Tumpuan Kanan Momen Positif	$M_u =$	37.657.215	Nmm
Lapangan Momen Negatif	$M_u =$	375.866.536	Nmm
Lapangan Momen Positif	$M_u =$	182.117.673	Nmm
Torsi	$T_u =$	37.817.675	Nmm

Cek Penampang Lentur

- Gaya Aksial Terfaktor $< 0,1 \text{ AG } F'_c$ (OK)
- $L_n > 4d$, $8000\text{mm} > 4 \times 634,5 = 2538\text{mm}$ (OK)
- $(b/h > 0,3) > 250\text{mm}$

- (500/700) = 0,71 > 0,3 (OK)
 - Bw = 500mm > 250mm (OK)

A. Perhitungan Tulangan Lentur Tumpuan

$$M_u = 530.767.009 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{530767009}{0,8} = 663458761,25 \text{ Nmm}$$

Cek Kebutuhan Tulangan Tekan

$$X_b = \frac{600}{600 + F_y} d = \frac{600}{600 + 400} 634,5 = 380,7 \text{ mm}$$

$$X_{\max} = 0,75 X_b = 0,75 \times 380,7 \text{ mm} = 285,525 \text{ mm}$$

$$X_{\min} = 40 + 13 + 22/2 = 65,5 \text{ mm}$$

$$X_{\text{ren}} = 78 \text{ mm}$$

Gaya tekan maksimum (C_{max})

$$\begin{aligned} C_{\max} &= 0,85 \times f_c' \times b \times \beta \times X \\ &= 0,85 \times 40 \times 500 \times 0,764 \times 78 \\ &= 1013442,8571 \text{ N} \end{aligned}$$

As maksimum untuk tulangan tunggal (Asc)

$$A_{sc} = \frac{C_{\max}}{f_y} = \frac{1013442,8571 \text{ N}}{400 \text{ MPa}} = 2533,60 \text{ mm}^2$$

Mn maksimum untuk tulangan tunggal

$$M_{nc} = A_{sc} \times f_y (d - (\beta \cdot x)/2) = 612821656,836 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 663458761,25 \text{ Nmm}$$

$$M_n > M_{nc}$$

$$663458761,25 \text{ Nmm} > 612821656,836 \text{ Nmm}$$

(Perlu Tulangan tekan)

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 663458761,25 \text{ Nmm} - 612821656,836 \text{ Nmm}$$

$$= 50637104,41 \text{ Nmm}$$

$$C_s \text{ perlu} = \frac{M_{ns}}{(d - X_{\min})} = \frac{50637104,41}{(634,5 - 65,5)} = 88993,153 \text{ N}$$

Kontrol Tulangan Tekan (Fs)

$$f_s' = (1 - \frac{X_{\min}}{X_{\text{ren}}}) 600 = 96,153 \text{ Mpa} < F_y = 400 \text{ Mpa} \text{ (Tul tdk leleh)}$$

Kebutuhan tulangan tekan (As')

$$As' = \frac{Cs \text{ Perlu}}{(fs' - 0.85 \cdot fc)} = \frac{88993,153 \text{ N}}{(96,153 - 0.85 \cdot 40) \text{ MPa}} = 1431,8205 \text{ mm}^2$$

Direncanakan **4 D22** As' Pakai= 1519,76 mm²

As' Pakai= 1519,76 mm² > As' Perlu = 1431,8205 mm² (OK)

Kontrol jarak penulangan tulangan tekan (s)

$$S = \frac{500 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (4 \times 22)}{4 - 1} = 102 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

Kebutuhan Tulangan Tarik

$$Ass = \frac{Cs \text{ perlu}}{Fy} = \frac{88993,153 \text{ N}}{400 \text{ MPa}} = 222,482 \text{ mm}^2$$

As Perlu = Asc + Ass

$$= 2533,60 \text{ mm}^2 + 222,482 \text{ mm}^2 = 2756,090 \text{ mm}^2$$

Direncanakan **8 D22** As' Pakai= 3039,52 mm²

As Pakai= 3039,52 mm² > As Perlu = 2756,090 mm² (OK)

Kontrol jarak penulangan tulangan tarik (s)

$$S = \frac{500 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (8 \times 22)}{8 - 1} = 31,142 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

Periksa Kekuatan Dari Penampang Aktual Kondisi Momen Negatif Terjadi

As aktual = 2756,090 mm²

As' aktual = 1519,76 mm²

d aktual = $700 - 40 - 13 - 22/2 = 634,5 \text{ mm}$

$$a = \frac{(2756,090 \times 400) - (1519,76 \times 96,153)}{0,85 \times 40 \times 500}$$

$$= 65,9617$$

$$Mn_{\text{aktual}} = 0,85 \times 40 \times 96,153 \times 500 \times (634,5 - \frac{65,9617}{2})$$

$$= 808037177,39 \text{ Nmm}$$

Mn_{perlu} = 663458761,25 Nmm

Mn_{perlu} < Mn_{aktual} (OK)

B. Perhitungan Tulangan Lentur Lapangan

Mu = 375866536 Nmm

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{375866536}{0,8} = 469833170 \text{ Nmm}$$

Cek Kebutuhan Tulangan Tekan

$$X_b = \frac{600}{600 + F_y} d = \frac{600}{600 + 400} 634,5 = 380,7 \text{ mm}$$

$$X_{\max} = 0,75 X_b = 0,75 \times 380,7 \text{ mm} = 285,525 \text{ mm}$$

$$X_{\min} = 40 + 13 + 22/2 = 65,5 \text{ mm}$$

$$X_{\text{ren}} = 78 \text{ mm}$$

Gaya tekan maksimum (C_{\max})

$$\begin{aligned} C_{\max} &= 0.85 \times f_c' \times b \times \beta \times X \\ &= 0,85 \times 40 \times 500 \times 0.764 \times 78 \\ &= 1013442,8571 \text{ N} \end{aligned}$$

As maksimum untuk tulangan tunggal (A_{sc})

$$A_{sc} = \frac{C_{\max}}{f_y} = \frac{1013442,8571 \text{ N}}{400 \text{ MPa}} = 2533,60 \text{ mm}^2$$

M_n maksimum untuk tulangan tunggal

$$M_{nc} = A_{sc} \times f_y \times (d - (\beta \cdot x)/2) = 612821656,836 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 469833170 \text{ Nmm}$$

$$M_n < M_{nc}$$

$$469833170 \text{ Nmm} > 612821656,836 \text{ Nmm}$$

(Tidak Memerlukan tulangan tekan)

Analisis tulangan lentur menggunakan tulangan tunggal, adapun langkah-langkahnya sebagai berikut :

1. Mencari ρ maksimum

$$\rho_{\max} = 0.025 \quad \text{SNI 03-2847-2013 pasal (21.5.2.1)}$$

2. Mencari ρ minimum

$$\rho_{\min} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4f_y} = \frac{\sqrt{40}}{4 \times 400} = 0,00395 \text{ SNI 03-2847-2013 pasal (10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0,0035 \quad \text{SNI 03-2847-2013 pasal (10.5.1)}$$

Dari kedua harga ρ_{\min} tersebut, diambil harga yang terbesar = 0,00395

3. Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{400}{0.85 \times 40} = 13.084$$

4. Menentukan M_n dan R_n yang digunakan

$$M_n = 469833170 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b d^2} = \frac{469833170}{0.85 \times 500 \times 634,5^2} = 2,334$$

5. Menentukan ρ perlu

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,084} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,084 \times 2,334}{400}} \right) \\ &= 0,006050 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 0,00395 < \rho_{\text{perlu}} = 0,006050 < \rho_{\max} = 0,025 \text{ (OK)}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,006050$$

6. Kebutuhan Tulangan (As)

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,006050 \times 500 \times 634,5 \\ &= 1919,511 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Direncanakan } \mathbf{6 \text{ D22}} \quad \text{As Pakai} = 2279,64 \text{ mm}^2$$

$$\text{As Pakai} = 2279,64 \text{ mm}^2 > \text{As Perlu} = 1919,511 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Kontrol jarak penulangan tulangan tekan (s)

$$S = \frac{500 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (6 \times 22)}{6 - 1} = 52,4 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

$$\text{As' perlu} = 0,5 \text{ As} = 0,5 \times 2279,64 \text{ mm}^2 = 1139,82 \text{ mm}^2$$

$$\text{Direncanakan } \mathbf{3 \text{ D22}} \quad \text{As' Pakai} = 1139,82 \text{ mm}^2$$

$$As' \text{ Pakai} = 1139,82 \text{ mm}^2 \geq As' \text{ Perlu} = 1139,82 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Kontrol jarak penulangan tulangan tekan (s)

$$S = \frac{500 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (3 \times 22)}{3 - 1} = 164 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

7. Kontrol Kekuatan Penampang

$$d \text{ aktual} = 700 - 40 - 13 - 22/2 = 634,5 \text{ mm}$$

$$a = \frac{(2279,64 \times 400)}{0,85 \times 40 \times 500} = 53,63$$

$$Mn_{\text{aktual}} = 0,85 \times 40 \times 53,63 \times 500 \times \left(634,5 - \frac{53,63}{2}\right) = 554117297,74 \text{ Nmm}$$

$$Mn_{\text{perlu}} = 469833170 \text{ Nmm}$$

$$Mn_{\text{perlu}} < Mn_{\text{aktual}} \text{ (OK)}$$

4.4.1.2 Penulangan Geser

Perhitungan Tulangan Geser yang dipengaruhi beban gempa dihitung dari kapasitas balok memikul momen probabilitas. Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.4 : gaya geser rencana V_e harus ditentukan dari peninjauan gaya statik pada bagian tumpuan. Momen-momen dengan tanda berlawanan sehubungan dengan kuat lentur maximum M_{pr} , harus dianggap bekerja pada muka-muka tumpuan, dan komponen stuktur tersebut dibebani penuh beban gravitasi terfaktor serta V_e harus dicari dari nilai terbesar akibat beban gempa arah ke kanan dan ke kiri. Besarnya momen probable dipengaruhi oleh disain kemampuan tulangan lenturnya. Harga momen probable dapat dicari dengan rumus berikut:

$$a = \frac{As (1,25 f_y)}{0.85 f'_c b}$$

$$M_{pr} = As (1,25 f_y) \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

Tabel 4.26 Momen Probabilitas

BALOK	LOKASI	As Terpasang				a	Mpr
		n	D		mm2	mm	Nmm
500x700	Gempa kanan	8	D	22	3040	89,40	896.356.235,95
		4	D	22	1520	44,70	465.160.988,99
	Gempa kiri	8	D	22	3040	89,40	896.356.235,95
		4	D	22	1520	44,70	465.160.988,99

Beban terbagi rata pada pelat lantai (Vg)

$V_g = \frac{W_u \times L_n}{2}$ dari kombinasi 1.2D + 1L didapatkan dari output SAP

$$V_g = 209114,9 \text{ N}$$

Perhitungan gaya geser akibat gempa kiri dan kanan baik (+) maupun (-) memiliki nilai yang sama, maka dihitung salah satu sisi saja

Analisa terhadap Gempa :

$$V_{ekn} = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} \pm \frac{W_u \times L_n}{2}$$

$$V_{ekn} = \frac{896.356.235,95 + 465.160.988,99}{800 - 500} - 209114,9 \text{ N}$$

$$= 286093,07 \text{ N}$$

$$V_{ekn} = \frac{896.356.235,95 + 465.160.988,99}{800 - 500} + 209114,9 \text{ N}$$

$$= 76978,179 \text{ N}$$

Pemasangan Tulangan Geser

a Pemasangan Senggang Balok di daerah sendi Plastik (Tumpuan) :

Gaya geser maksimum yang ditimbulkan oleh beban gempa adalah

$$= \frac{896.356.235,95 + 465.160.988,99}{800 - 500} = 181535,629 \text{ N}$$
 di mana nilai ini lebih besar daripada 50% gaya geser total ($= 0,5 \times 286093,07 \text{ N} = 143046,53 \text{ N}$) sehingga V_c diambil sama dengan nol. Maka :

$$V_s = \frac{V_e}{\phi} = \frac{286093,07 \text{ N}}{0,75} = 381457,439 \text{ N}$$

$$V_s = 381457,439 \text{ N} < 0,66\sqrt{f_c}b_w d = 1324267,015 \text{ N}$$

OK (Penampang Mencukupi)

Direncanakan sengkang tertutup 2 kaki, maka jarak antar sengkang, s adalah :

$$S = \frac{A_s \times f_y \times d}{V_s} = \frac{2(132,66) \times 400 \times 634,5}{381457,439} = 177 \text{ mm}$$

Jarak maksimum sengkang tertutup sepanjang $2h$ ($= 2 \times 700 \text{ mm} = 1400 \text{ mm}$) tidak boleh melebihi nilai terkecil dari :

- $d/4 = 634,5/4 = 158,52 \text{ mm}$
- $6d_b = 6(22) = 132 \text{ mm}$
- 150 mm

Sehingga dipasang sengkang tertutup 2D13-125 hingga 1400mm dari muka tumpuan. Dan sengkang tertutup pertama dipasang sejarak 50mm dari muka tumpuan.

b Pemasangan Sengkang Balok di luar daerah sendi Plastis (Lapangan) :

Pada Jarak 1400mm dari muka tumpuan hingga ke bagian lapangan, bekerja gaya geser sebesar :

$$V_u = 209390 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{b \times d \times \sqrt{f'_c}}{6} = 334410,86 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{209390}{0,75} - 334410,86 = 174199,057 \text{ N}$$

Direncanakan $d_b = 13 \text{ mm}$ ($A_v = 133 \text{ mm}^2$), maka jarak dari nilai yang terkecil antara :

- $S_1 = (A_v \cdot F_y \cdot d) / V_s = 193 \text{ mm}$
- $S_2 = d/2 = 634,5/2 = 317,25 \text{ mm}$
- $S_3 = (A_v \cdot F_y) / (0,35 \cdot b_w) = 303,234 \text{ mm}$
- $S_4 = 600$

Jadi dipilih, $S = 150 \text{ mm}$, dipasang 2D13-150

4.4.1.3 Penulangan Torsi

Perencanaan torsi didasarkan dari SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1. yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika momen puntir terfaktor T_u memenuhi syarat sebagai berikut:

$$T_u < \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

A_{cp} = Luas penampang keseluruhan

P_{cp} = keliling penampang keseluruhan

λ = 1 (beton normal) SNI-2847-2013 ps1 8.6.1

Φ = 0.75 (faktor reduksi beban torsi) SNI 2847 2013

Untuk menentukan harga Torsi yang akan digunakan dalam perhitungan, digunakan program bantu SAP 2000. Didapat dari SAP:

$T_u = 37817675 \text{ Nmm}$

Kontrol kebutuhan torsi:

$$T_u \leq \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c} \cdot \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}$$

$A_{cp} = b \times h = 500 \times 700 = 350000 \text{ mm}^2$

$P_{cp} = 2(b+h) = 2(300 + 600) = 2400 \text{ mm}$

$$0,75 \times 0,0831 \sqrt{40} \frac{(350000)^2}{2400} = 20095286,31 \text{ Nmm}$$

$$T_u = 37817675 \text{ Nmm} \leq \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c} \cdot \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} = 20095286,31 \text{ Nmm}$$

(Perlu tulangan Torsi)

(SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7.)

$$At = \frac{Avt}{s} \times Ph \times \left(\frac{fy geser}{fy lentur} \right) \times \cot^2 45^\circ$$

$$At = \frac{238,266}{1000} \times 1880 \times \left(\frac{400}{400} \right) \times \cot^2 45^\circ$$

$$At = 869,912 \text{ mm}^2$$

Tulangan lentur balok sebelum torsi pada tumpuan:

Tarik (8 D22 : $As = 3039,52 \text{ mm}^2$)

Tekan (4 D22 : $As = 1519,76 \text{ mm}^2$)

$$As \text{ total} = 4559,28 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas penampang torsi

$$(At + Ast) = 869,912 + 4559,28 = 5429,192 \text{ mm}^2$$

$$At + Ast > \frac{5x\sqrt{f'cx}Acp}{12 \times fy \text{ lentur}} - \left(\frac{Avt}{s} \right) \times Ph \times \frac{fy \text{ geser}}{fy \text{ lentur}}$$

$$At + Ast > \frac{5x\sqrt{40x350000}}{12 \times 400} - \left(\frac{238,266}{1000} \right) \times 1880 \times \frac{400}{400}$$

$$5429,192 > -30335.9 \dots \dots \dots OK$$

Jumlah tulangan torsi samping :

$$At_{\text{samping}} = 0.5At = 435 \text{ mm}^2 \quad D = 19 \text{ mm}$$

$$n = \frac{At_{\text{samping}}}{\frac{0.25 \times \pi \times D^2}{1891.3}}$$

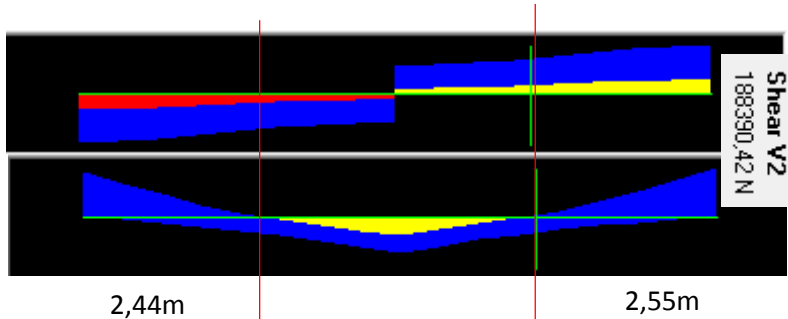
$$n = \frac{435}{\frac{0.25 \times \pi \times 19^2}{1891.3}}$$

$$n = 1.8 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$

Gunakan 2 buah yang diletakan di kanan 1 tulangan dan dikiri 1 tulangan.

4.4.1.4 Pemutusan Tulangan dan Panjang Penyaluran

Untuk memperkecil kemungkinan keruntuhan geser akibat pemotongan tulangan memanjang, maka SNI 2847:2013 pada pasal 12.10.5 memberikan persyaratan yang harus dipenuhi, yaitu pada titik pemutusan $V_u \leq 2/3 V_n$



Gambar 4.31 Gambar Pemutusan Tulangan

Dari output SAP pada titik pemutusan didapatkan

$$V_u = 188390,42 \text{ N}$$

$$V_n = (A_s F_y d) / S = 538726,032 \text{ N}$$

$$2/3 V_n = 2/3 \times 538726,032 \text{ N} = 359150,688 \text{ N}$$

$$V_u = 188390,42 \text{ N} \leq 2/3 V_n = 359150,688 \text{ N} \text{ (OK)}$$

panjang 2.44m (dari sisi kiri muka tumpuan) dan 2,55 m (dari sisi kanan muka tumpuan) ini harus lebih panjang dari panjang penyaluran (SNI 03-2847-2013 Psl 12.2.3) yang dihitung dengan rumusan:

$$\frac{l_d}{d_b} = \frac{f_y}{1.1\lambda \sqrt{f'_c}} \frac{\psi_t \psi_e \psi_s}{\frac{c + K_{tr}}{d_b}}$$

Dimana:

$$\psi_t = 1.3 \quad \psi_e = 1 \quad K_{tr} = 0$$

$$\psi_s = 1 \quad \lambda = 1$$

c = faktor yang mewakili sisi penutup terkecil

$$= 40 + 13 + 25/2 = 65.5 \text{ mm}$$

atau

$$\begin{aligned} c &= \text{setengah spasi pusat ke pusat tulangan lentur} \\ &= 40 + 13 + (1/2 \times 22) = 64 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan $c = 64 \text{ mm}$

$$\frac{C + Ktr}{d_b} = \frac{64 + 0}{22} = 2,9$$

$$l_d = \frac{fy}{1.1\lambda\sqrt{f'c}} \frac{\psi_t\psi_e\psi_s}{\frac{C+Ktr}{d_b}} d_b$$

$$l_d = \frac{400}{1.1 \cdot 1 \cdot \sqrt{40}} \frac{1,3 (1)(1)}{2,9} 22 = 405 \text{ mm} = 0,405 \text{ m}$$

$$l_d = 0,405 \text{ m} < l = 2,55 \text{ m dan } l = 2,44 \text{ m}$$

Sehingga panjang penyaluran = 0.405 m dan panjang titik putus 8D22 dipasang sepanjang 2,55 m dari muka kolom.

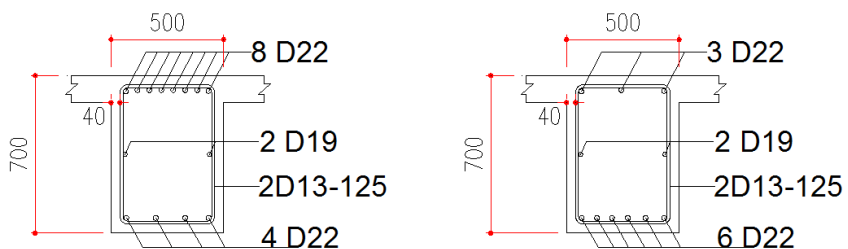
Tulangan longitudinal yang masuk dan berhenti dalam kolom tepi yang terkekang dan harus berupa panjang penyaluran dengan kait 90 derajat, ldh diambil lebih besar dari:

$$8 d_b = 8 \times 22 = 176 \text{ mm}$$

atau

$$\frac{0.24fy d_b}{\sqrt{f'c}} = \frac{0.24 \cdot 400 \cdot 22}{\sqrt{40}} = 358 \text{ mm}$$

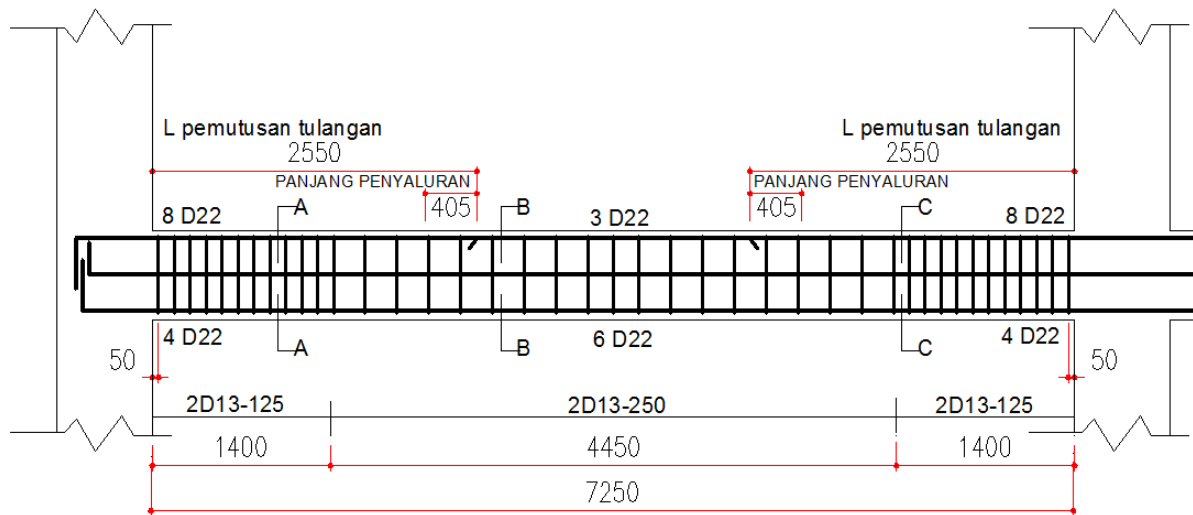
Sehingga diambil ldh= 400 mm masuk kedalam kolom dengan panjang kait 12 db = 264 ≈ 275 mm sesuai SNI 03-2847-2013 Pasal 12.5.1



PENAMPANG TUMPUAN B1

PENAMPANG LAPANGAN B1

Gambar 4.32 Penampang Balok Induk



Gambar 4.33 Penulangan Balok Induk

4.4.2 Perencanaan Kolom

Kolom merupakan struktur utama yang berfungsi memikul seluruh beban yang diterima struktur, baik dari struktur sekunder maupun balok induk, dan berfungsi meneruskan beban yang diterima ke pondasi.

4.4.2.1 Perencanaan Kolom

Data umum perencanaan kolom :

Dimensi	: 750 mm / 750 mm
Tebal decking (d')	: 40 mm SNI 03-2847-2013 <i>ps</i> (7.7)
Tulangan long	: 25 mm
Tulangan sengkang	: 13 mm
Mutu tulangan (f_y)	: 400 MPa
Mutu beton (f'_c)	: 40 Mpa
Tinggi lantai	: 4400 mm

Berdasarkan hasil perhitungan SAP didapat gaya aksial dan momen yang bekerja pada kolom, yaitu :

Tabel 4.27 Reaksi Momen

Kolom	Gaya Aksial	Momen Atas	Momen Bawah	Gaya Geser
	(kN)	(kN.m)	(kN.m)	(kN)
Kolom 455				
1,2DL + 1,6LL	-7525,98	191	198,3349	118,171
1.2 D + 0.5 L + 1Ex	-6364,315	108,7059	385,6963	239,177
0.9 D + 1Ex	-4389,901	160,6242	331,8811	207,137
1.2 D + 0.5 L + 1EY	-6387,683	234,4813	162,0316	138,157

0.9 D + 1Ey	-4413,27	217,5004	180,0403	106,116
Kolom	Gaya Aksial	Momen Atas	Momen Bawah	Gaya Geser
	(kN)	(kN.m)	(kN.m)	(kN)
Kolom 976 (yang didesain)				
1,2DL + 1,6LL	-8566,516	-252,4563	194,6941	101,625
1.2 D + 0.5 L + 1Ex	-7516,12	-408,2919	-54,9736	173,145
0.9 D + 1Ex	-5262,912	-339,8581	-107,7712	145,593
1.2 D + 0.5 L + 1EY	-7470,63	-263,0792	82,8249	108,826
0.9 D + 1Ey	-5217,422	-158,4893	-224,5012	81,273

4.4.2.2 Kontrol Dimensi Kolom

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.1 jika komponen struktur SRPMK menahan gaya tekan aksial terfaktor akibat sembarang kombinasi ialah sebesar $\geq A_g \times \frac{f_c}{10}$, maka komponen struktur rangka ini harus juga memenuhi kondisi- kondisi sebagai berikut :

- a. Dimensi penampang terpendek tidak boleh kurang dari 300 mm.

$$750 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$$

- b. Rasio dimensi besar dari 0.4
Rasio $b/h = 750/750 = 1 > 0.4$

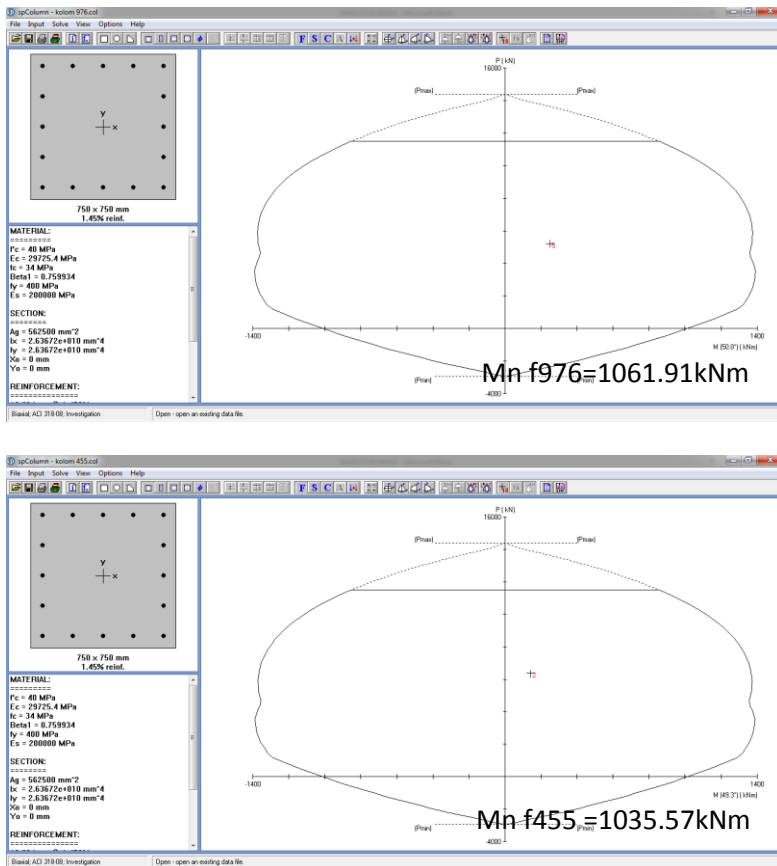
Dari hasil running program didapatkan gaya aksial terfaktor terbesar adalah 852268 kg = 8522680 N

$$8566,516 \text{ kN} \geq 750 \times 750 \times \frac{40}{10}$$

$$8566,516 \text{ kN} \geq 2250000 \text{ N} = 2250 \text{ kN} \dots \text{Ok}$$

4.4.2.3 Penulangan Longitudinal Kolom

Dari beban aksial dan momen yang terjadi pada tabel 7.3, kemudian dilakukan perhitungan penulangan memanjang kolom menggunakan program bantu PCA COL, didapatkan diagram interaksi antara aksial dan momen pada kolom, yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.34 Grafik Interaksi Aksial dan Momen pada Kolom

4.4.2.4 Kontrol rasio tulangan longitudinal kolom

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.3, Luas tulangan memanjang, A_{st} , tidak boleh kurang dari $0.01 A_g$ atau lebih dari $0.06 A_g$. Dari diagram interaksi yang dibuat oleh program PCACOL diperoleh Tulangan longitudinal : 16D25, dengan rasio tulangan = 1.40 % (OK).

4.4.2.5 Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom terhadap beban aksial terfaktor

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 10.3.6.2 : kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

$$\phi P_n = 0.8 \phi (0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y (A_{st}))$$

Dimana:

$$P_u = 8566516 \text{ N}$$

$$\phi = 0.65$$

$$A_g = 750 \times 750 = 562500 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = 16 \frac{1}{4} \pi 25^2 = 7853,98 \text{ mm}^2$$

Sehingga:

$$\phi P_n = 11439769,784 \text{ N} > P_u = 8522680 \text{ N} \quad (\text{OK})$$

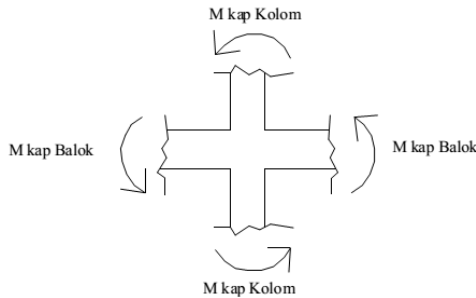
4.4.2.6 Persyaratan “Strong Column Weak Beam”

Sesuai dengan filosofi desain kapasitas , maka SNI - 2847-2013 pasal 21.6.2 mensyaratkan bahwa.

$$\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb}$$

Dimana $\sum M_{nc}$ adalah momen kapasitas kolom dan $\sum M_{nb}$ merupakan momen kapasitas balok. Perlu dipahami bahwa M_{nc} harus dicari dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur terendah, sesuai dengan arah gempa yang ditinjau yang dipakai untuk memeriksa syarat *strong column weak beam*. Setelah kita dapatkan jumlah tulangan

untuk kolom, maka selanjutnya adalah mengontrol apakah kapasitas kolom tersebut sudah memenuhi persyaratan strong kolom weak beam.



Gambar 4.35 Ilustrasi Kuat Momen yang Bertemu di Balok

Nilai M_{nc} didapat dari program bantu PCA Col

$$\sum M_{nc} = (1061,91 \text{ kNm} + 1035,57 \text{ kNm}) = 2097,48 \text{ kNm}$$

Nilai M_{nb} dicari dari jumlah M_{nb}^+ dan M_{nb}^- balok yang menyatu dengan kolom didapat dari M_n di tabel penulangan balok interior. Diperoleh bahwa :

BI

$$M_{nb}^+ = 353.6 \text{ kNm}$$

$$M_{nb}^- = 501.96 \text{ kNm}$$

Sehingga

$$\sum M_{nb} = (446,129 + 808,037) = 1374,39 \text{ kNm}$$

Persyaratan *Strong Column Weak Beam*

$$\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb}$$

Maka :

$$2097,48 \text{ kNm} > 1.2 \times 1374,39 = 1484,351 \text{ kNm (Ok)}$$

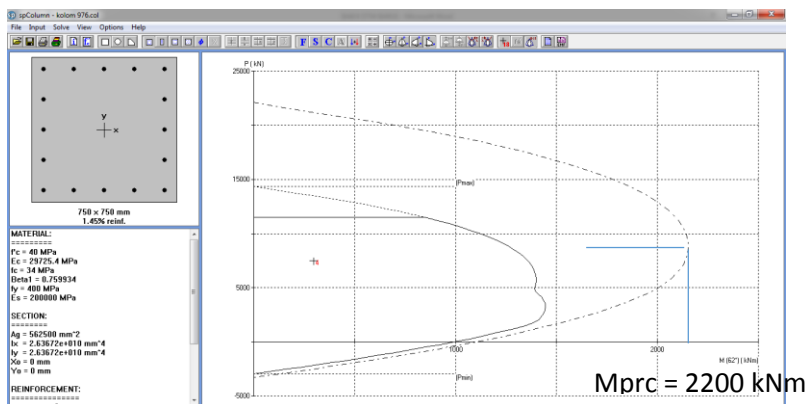
Sehingga memenuhi Persyaratan “*Strong Column Weak Beam*”

4.4.2.7 Kontrol gaya tekan terhadap gaya geser rencana

Gaya geser rencana, V_e , untuk menentukan kebutuhan tulangan geser kolom menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.6.5.1, harus ditentukan dari peninjauan terhadap gaya-gaya maksimum yang dapat dihasilkan di muka-muka pertemuan-pertemuan (joints) di setiap ujung komponen struktur. Gaya-gaya joint ini harus ditentukan menggunakan kekuatan momen maksimum yang mungkin, M_{pr} , di setiap ujung komponen struktur yang berhubungan dengan rentang dari beban aksial terfaktor, P_u , yang bekerja pada komponen struktur. Geser komponen struktur tidak perlu melebihi yang ditentukan dari kekuatan joint berdasarkan pada M_{pr} komponen struktur transversal yang merangka ke dalam joint. Dalam semua kasus V_e tidak boleh kurang dari geser terfaktor yang ditentukan oleh analisis struktur.

- a. Gaya geser yang berhubungan dengan sendi plastis di kedua ujung kolom

$$V_e = \frac{M_{pr\ atas} + M_{pr\ bawah}}{l_u}$$



Gambar 4.36 Grafik Intereksi Aksial dan Momen Pada Kolom

$$V_e = \frac{2250+2250}{4,4} = 1216,216 \text{ kN}$$

- b. Hasil langkah a diatas tidak perlu melebihi dari :
 Mpr balok yang digunakan adalah Mpr yang saling berlawanan arah. Pada perhitungan ini digunakan Mpr dari balok di satu sisi HBK dan Mpr^+ dari sisi HBK lainnya dengan menganggap momen lentur diatas dan bawah kolom yang mendukung lantai 1 berbanding kebalikan dengan tinggi masing-masing (l_1 dan l_2) kolom, maka akan diperoleh gaya geser rencana berdasarkam Mpr balok sebagai berikut :

Perhitungan Mpr^+

$$- Mpr^+ = 465,1609 \text{ kNm}$$

$$- Mpr^- = 896,3562 \text{ kNm}$$

$$V_e = 2 \frac{Mpr^+ + Mpr^-}{L1} + \frac{L1}{L1 + L2}$$

Dimana: $L1 = 4 \text{ m}$ dan $L2 = 3,3 \text{ m}$

Maka:

$$V_e = 2x \frac{465,1609 + 896,3562}{4} + \frac{4,4}{4,4 + 3,3} = 420,545 \text{ kN}$$

- c. Hasil langkah a dan b diatas tidak boleh kurang dari gaya geser terfaktor hasil out put SAP 2000, $V_e = 239,177 \text{ kN}$

Sehingga dari ketiga V_e di atas diambil $V_e = 420,545 \text{ kN}$.

4.4.2.8 Pengekangan Kolom

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.6.4.1, ujung-ujung kolom sepanjang l_o harus dikekang oleh tulangan trasversal (A_{sh}) dengan spasi sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 21.6.4.3

$$l_o \geq h = 750 \text{ mm}$$

$$\geq 1/6 \times \text{tinggi bersih kolom} = 1/6 \times 4400 = 733,33 \text{ mm}$$

$$\geq 450 \text{ mm}$$

$A_{sh_{min}}$ sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 21.6.4.4 diperoleh dari nilai terbesar dari hasil rumus berikut :

$$A_{sh} = 0.3 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \left[\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0.09 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}}$$

Dimana:

S = jarak spasi tulangan transversal (mm)

b_c = dimensi potongan melintang dari inti kolom, diukur dari pusat ke pusat dari tulangan pengekang (mm)

$$= 750 - 2(40) = 670$$

A_g = luasan penampang kolom (mm)

$$= 750 \times 750 = 562500 \text{ mm}^2$$

A_{ch} = luasan penampang kolom diukur dari daerah terluar tulangan transversal (mm)

$$= 670 \times 670 = 448900 \text{ mm}^2$$

F_{yh} = kuat leleh tulangan transversal (Mpa) = 400Mpa

Maka:

$$\frac{A_{sh}}{s} = 0.3 \frac{670 (40)}{400} \left[\frac{562500}{448900} - 1 \right] = 5,086 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = 0.09 \frac{1670 (40)}{400} = \mathbf{6,03 \text{ mm}^2/\text{mm} \text{ (Menentukan)}}$$

Syarat jarak tulangan transversal :

$$- \frac{1}{4} \text{ dimensi terkecil kolom} = \frac{1}{4} \times 750 = 187,5 \text{ mm}$$

$$- 6 \times d_b = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$- S_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right), \text{ nilai } h_x \text{ diperkirakan sebesar } 1/3 h_c = 1/3 \times 670 = 223,33, \text{ sehingga}$$

$$S_o = 100 + \left(\frac{350 - 223,33}{3} \right) = \mathbf{138,89 \text{ mm} \approx 125 \text{ mm}}$$

Sehingga jarak maksimum tulangan transversal yang diizinkan adalah 125 mm maka direncanakan dengan jarak $S_o = 100 \text{ mm}$. Luas sengkang tertutup yang dibutuhkan adalah

Ash = $6,03\text{mm}^2/\text{mm} \times 100 \text{ mm} = 603 \text{ mm}^2$. Dipasang sengkang tertutup 3kaki D16 (Ash = 603.18 mm^2). Sengkang tertutup ini dipasang sejarak $l_o = 750\text{mm}$ diukur dari muka hubungan balok kolom.

Untuk daerah luar l_o maka V_c ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_c &= \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g}\right) \frac{\sqrt{f'_c}}{6} b_w d \\ &= \left(1 + \frac{8522680}{14 \times 750 \times 750}\right) \frac{\sqrt{40}}{6} \times 750 \times 625,5 \\ &= 1029672,626 \text{ N} \\ &= 1029.67 \text{ kN} > V_u = 420,545 \text{ kN} \end{aligned}$$

Ini membuktikan bahwa A_{sh} sudah cukup untuk menahan geser. Sehingga di luar l_o dipasang sengkang sejarak $d/2 = 625,5/2 = 312,75\text{mm}$. Namun persyaratan jarak tulangan transfersal di luar daerah l_o menyatakan bahwa jarak antara tulangan tidak boleh melebihi 150 mm, sehingga tetap harus dipasang tulangan dengan jarak maksimal 150 mm

4.4.2.9 Panjang Lewatan Sambungan

Sambungan kolom yang diletakkan di tengah tinggi kolom harus memenuhi ketentuan panjang lewatan yang ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.3, sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{l_d}{d_b} &= \frac{f_y}{1.1\lambda\sqrt{f'_c}} \frac{\psi_t\psi_e\psi_s}{\frac{c+Ktr}{d_b}} \\ l_d &= \frac{400}{1.1 \cdot 1 \cdot \sqrt{40}} \frac{1.3(1)(1)}{2.5} 25 = 747.4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga panjang lewatan yang digunakan adalah 800 mm

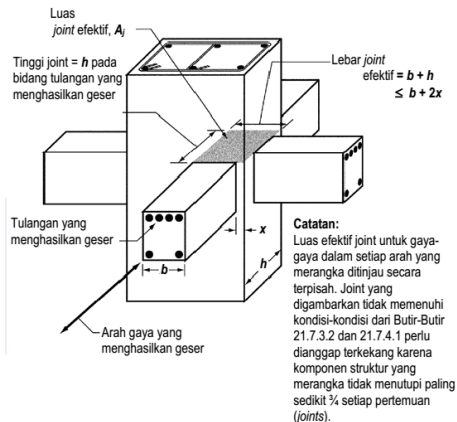
4.4.2.10 Hubungan Balok Kolom

Sesuai dalam ketentuan yang telah diatur oleh SNI bahwa suatu join telah diatur secara lengkap dalam SNI 03-2847-2013 pasal 21.7 yaitu mengenai *joint* rangka momen khusus. Dimana

dalam suatu *joint* telah dijelaskan dalam pasal 21.7.3.2 telah dijelaskan bahwa komponen struktur merangka kedalam semua empat sisi joint bilamana setiap lebar komponen struktur adalah paling sedikit ($\frac{3}{4}$) lebar kolom harus dipasang tulangan trnsversal sedikitnya setengah dari yang diisyaratkan oleh SNI 03-2847-2013 pasal 21.6.4.4(a) dan (b) dan s lebih kecil dari 150 mm.

Kekuatan geser nominal (V_n) untuk beton berat normal dalam SNI pasal 21.7.4 telah disebutkan bahwa $V_{n,joint}$ tidak boleh diambil lebih besar dari nilai yang ditetapkan sebagai berikut :

- Untuk *joint* yang terkekang oleh balok-balok pada semua empat muka, $V_n = 1.7x\sqrt{f'c} A_j$
- Untuk *joint* yang terkekang oleh balok-balok pada tiga muka atau pada dua muka yang berlawanan, $V_n = 1.2x\sqrt{f'c} A_j$
- Untuk kasus-kasus lainnya, $V_n = 1x\sqrt{f'c} A_j$



Gambar 4.37 Hubungan Balok dan Kolom

4.4.2.11 Dimensi Joint

SNI Pasal 21.7.4.1, luas Efektif hubungan balok-kolom dinyatakan dalam A_j

- lebar joint efektif = $b + h = 750 + 750 = 1500 \text{ mm}$
- lebar joint efektif $< b_w + 2X = 750 \text{ mm}$

lebar joint efektif Pakai 750 mm, sehingga luas efektif balok-kolom (A_j) = $750 \times 750 = 562500 \text{ mm}^2$.

SNI Pasal 21.7.2.3 Dimensi Kolom yang sejajar dengan tulangan longitudinal balok tidak boleh kurang dari $20 \times \text{Diameter tul. Long. terbesar}$

- Dimensi kolom yang sejajar = 750 mm
- $20 \times \text{Dia. Tul. Long. Balok} = 20 \times 22 \text{ mm} = 440 \text{ mm (OK)}$

4.4.2.12 Penulangan Transversal Untuk Confinement pada joint

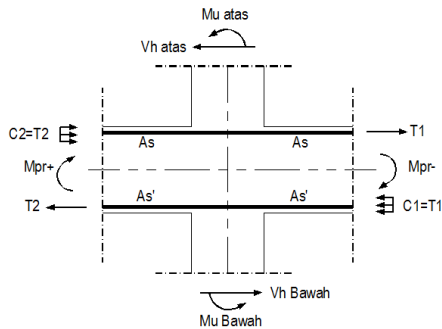
Jumlah tulangan transversal dapat diambil $\frac{1}{2}$ dari kebutuhan tulangan transversal pada daerah sendi plastis kolom, yaitu :

$$0,5 \times \frac{A_{sh}}{s} = 6,03 \text{ mm}^2/\text{mm} \times 0,5 = 3,015 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Jarak tulangan transversal boleh diambil 150 mm, sehingga $A_{sh} = 3,015 \times 150 = 452,25 \text{ mm}^2$. Direncanakan dipasang 3 kaki D16 ($A_{sh} = 603,185 \text{ mm}^2$)

Kontrol, Luas Tul. Terpasang $>$ Luas Tul. Dibutuhkan (OK)

4.4.2.13 Perhitungan Geser di Joint dan Cek Kuat Geser



Gambar 4.38 Gaya Geser Balok dan Kolom

Balok memiliki kuat lentur maksimum $M_{pr-} = 896,356 \text{ kNm}$ dan $M_{pr+} = 465,160 \text{ kNm}$. Dengan faktor distribusi kolom yang telah dihitung $DF = 0,57$, maka momen yang timbul pada kolom diatas HBK adalah :

$$M_c = 0,57 \times (896,356 + 465,160) = 776,064 \text{ kN.m}$$

Gaya geser dari Kolom sebelah atas adalah sebesar :

$$V_{\text{goyangan}} = \frac{776,064 \text{ kN.m} + 776,064 \text{ kN.m}}{4,4 \text{ m}} = 352,756 \text{ kN}$$

Luas tulangan atas adalah 8D22 ($A_s = 2756,090 \text{ mm}^2$), sehingga gaya yang bekerja pada tulangan atas pada sebelah kiri HBK adalah

$$\begin{aligned} T_1 &= 1,25 \times A_s \times F_y \\ &= 1,25 \times 2756,090 \times 400 = 1378045,01 \text{ N} \\ &= 1378,045 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya tekan yang bekerja pada beton di sisi kiri HBK, sebesar :

$$C_1 = T_1 = 1378,045 \text{ kN}$$

Untuk sisi kanan HBK ($A_s = 4D22 = 1431,820 \text{ mm}^2$),

$$\begin{aligned} T_1 = C_1 &= 1,25 \times A_s \times F_y \\ &= 1,25 \times 1431,820 \times 400 = 715910,27 \text{ N} \\ &= 715,910 \text{ kN} \end{aligned}$$

Selanjutnya dengan meninjau keseimbangan gaya dalam arah horizontal diperoleh :

$$V_j = T_1 + C_2 - V_{\text{goyangan}}$$

$$V_j = 1378,045 \text{ kN} + 715,910 \text{ kN} - 352,756 \text{ kN} \\ = 1741,199 \text{ kN}$$

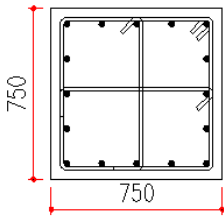
Kuat geser dari HBK yang dikekang keempat sisinya adalah :

$$V_n = 1,7\sqrt{F_c} A_j = 1,7 \times \sqrt{40} \times 562500 \\ = 6047856,02 \text{ N} = 6047,856 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,85 \times 6047,856 \text{ kN} = 4535,892 \text{ kN}$$

Cek kekuatan HBK

$$\phi V_n = 4535,892 \text{ kN} > V_j = 1741,199 \text{ kN (OK)}$$

LOKASI	LT DASAR - LT.3
PENAMPANG	
DIMENSI	750 x 750
TULANGAN UTAMA	16 D25
SENGKANG PADA L0	D16 - 100
SENGKANG LUAR L0	D16 - 150

Gambar 4.39 Penampang Kolom Struktur

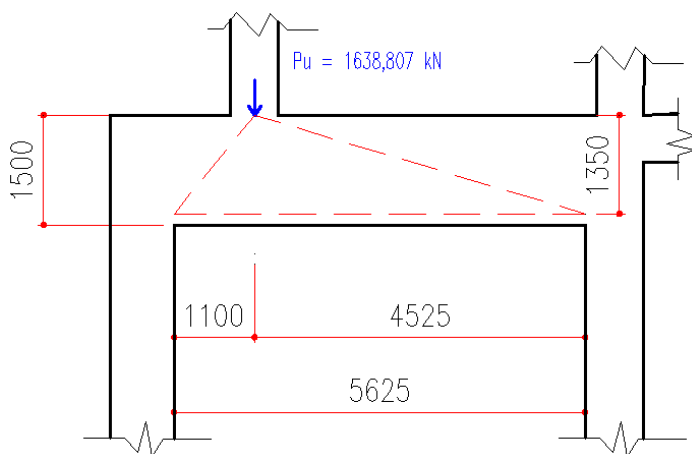
4.4.3 Balok Tinggi

Dalam SNI 2847:2013 Pasal 11.7, komponen struktur lentur dengan bentang bersih, L_n (diukur dari muka ke muka tumpuan) tidak melebihi $4h$ ($l_n/h < 4$). Jika balok tinggi memikul beban pada sisi atas balok, maka lokasi penampang

4.4.3.1 Desain Balok Tinggi

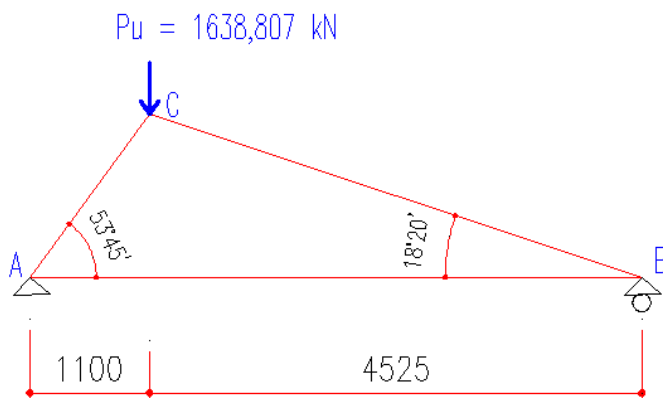
Data perencanaan yang diperlukan meliputi mutu bahan, dimensi balok, serta diameter tulangan yang digunakan.

Dimensi balok	: 80 cm / 150 cm
Tebal decking (d')	: 40 mm
Tulangan lentur (D)	: 25 mm
Tulangan sengkang (\emptyset)	: 13 mm
Mutu tulangan (f_y)	: 400 MPa
Mutu sengkang (f_y)	: 400 MPa
Mutu beton (f'_c)	: 40 Mpa
$d = 0,9 h = 0,9 \times 1500 \text{ mm}$: 1350 mm



Gambar 4.40 Balok Tinggi (BT = 800/1500)

4.4.3.2 Penulangan Strat dan Pengikat



Gambar 4.41 Gaya tras (Tekan dan Tarik)

$$\sum M_a = 0$$

$$(-R_b \times 5,625\text{m}) + (1638,807 \text{ kN} \times 1,1\text{m}) = 0$$

$$R_b = 320,477 \text{ kN}$$

$$\sum M_b = 0$$

$$(R_a \times 5,625) + (-1638,807 \times 4,525) = 0$$

$$R_a = 1318,329 \text{ kN}$$

Cek, $\sum V = 0$

$$R_a + R_b - P_u = 0$$

$$1318,329 \text{ kN} + 320,477 \text{ kN} - 1638,807 \text{ kN} = 0$$

(OK)

Titik A

$$\sum V = 0$$

$$R_a + S_{ac} \sin 53,45^\circ = 0$$

$$S_{ac} = -1641,065 \text{ kN}$$

$$S_{ac} = 1641,065 \text{ kN (Tekan)}$$

$$\sum H = 0$$

$$S_{ab} - S_{ac} \cos 53,45^\circ = 0$$

$$S_{ab} = 975,221 \text{ kN (Tarik)}$$

Titik B

$$\sum V = 0$$

$$R_b + S_{bc} \sin 18,20^\circ = 0$$

$$S_{bc} = -1027,161 \text{ kN}$$

$$S_{bc} = 1027,161 \text{ kN (Tekan)}$$

Kekuatan Strat

$$F_{cu} = 0,85 \times \beta_s \times f_c \text{ (Lampiran A pasal A.3.2)}$$

$$\text{Dengan } \beta_s = 0,75$$

$$F_{cu} = 0,85 \times 0,75 \times 40$$

$$= 25,5 \text{ Mpa}$$

Kebutuhan luasan Strat

$$F_{ns} = f_{cu} \cdot A_{cs}$$

Dimana A_{cs} adalah luas penampang pada ujung strat

$$F_{ns} = S_{ac} = 1641,065 \text{ kN (Tekan)} = 1641065,218 \text{ N}$$

$$A_{cs} = \frac{F_{ns}}{F_{cu}} = \frac{1641065,218}{25,5} = 64355,49 \text{ mm}^2$$

Kekuatan Pengikat

$$\text{Kuat perlu pengikat} = S_{ab} = 975,221 \text{ kN (Tarik)} = 975221,786 \text{ N}$$

$$F_{nt} = A_{ts} f_y + A_{tp} (f_{pe} + \Delta f_p)$$

atau

$$F_{nt} = A_{ts} f_y$$

$$A_{ts} = F_{nt} / f_y$$

$$= \frac{975221,786}{400}$$

$$= 2438,054 \text{ mm}^2$$

Cek dengan kebutuhan A_s minimum

$$A_{s_{min}} = \frac{1,4}{f_y} b d = \frac{1,4}{400} \times 800 \times 1350 = 3780 \text{ mm}^2$$

Sehingga dipakai Ast perlu untuk pengikat = 3780 mm²

Direncanakan tulangan D25 (As=490,625mm²)

$$n \text{ perlu} = \frac{A_{st}}{A_s} = \frac{3780 \text{ mm}^2}{490,625 \text{ mm}^2} = 8$$

Ast aktual = 8D25 = 3925 mm² > Ast perlu = 3780 mm²

Kekuatan Nodal

Kuat nodal ditentukan oleh persamaan pada SNI 2847 Lampiran A pasal A.5.1

$$F_{nn} = F_{ce} A_{nz}$$

Dimana :

$$A_{nz} = \text{Luas Nodal (} A_{nz} = 50700 \text{ mm}^2 \text{)}$$

$$F_{ce} = 0,85 \times \beta_s \times f_c, \text{ dengan } \beta_s = 1$$

Sehingga didapatkan

$$F_{ce} = 0,85 \times 1 \times 40 = 34 \text{ Mpa}$$

Dan kekuatan nodal (Fnn)

$$F_{nn} = F_{ce} A_{nz}$$

$$F_{nn} = 34 \times 50700 = 1723800 \text{ N} > F_u = 1641065,21 \text{ N (OK)}$$

4.4.3.3 Penulangan Geser

Vu didapat dari reaksi pada SAP 2000 sebesar Vu = 679459 N dan Mu = 1235000000 Nmm. Kemudian cek Vu terhadap kuat geser maksimum untuk struktur balok tinggi tidak boleh diambil lebih dari persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi 0,83 \sqrt{F_c} b_w d \\ &= 0,65 \times 0,83 \times \sqrt{40} \times 800 \times 1350 \\ &= 4251998,54 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_u = 679459 \text{ N} < \phi V_n = 4251998,54 \text{ N (OK) penampang mencukupi.}$$

Menghitung Vc

Kuat geser yang disumbangkan oleh beton dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$V_c = \left(3,5 - 2,5 \times \frac{Mu}{V_u \times d} \right) \left(0,16 \times \lambda \times \sqrt{f_c} + 17\rho \frac{V_{ud}}{Mu} \right) \times b_w \times d$$

$$\rho = \frac{A_s}{b_w \times d} = \frac{3780}{800 \times 1350} = 0,003634, \text{ sehingga}$$

$$V_c = \left(0,16 \times 1 \times \sqrt{40} + 17\rho \frac{679459 \times 1350}{1235000000} \right) \times 800 \times 1350$$

$$= 158522,81 \text{ N}$$

Menghitung Vs

Kebutuhan tulangan geser adalah sebagai berikut

$$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} = \frac{679459 \text{ N} - 0,75 \times 158522,81 \text{ N}}{0,75} = 747422,52 \text{ N}$$

Direncanakan 2D13 ($A_v = 265,33 \text{ mm}^2$) dan

$L_n/d = 5625/1350 = 4,16$. Tulangan geser D13 diletakkan di kedua sisi balok pada posisi horizontal dan vertikal, maka $A_v = A_{vh}$ dan direncanakan $S_v = S_h = S$. Maka :

$$V_s = \left(\frac{A_v}{S_v} \left(\frac{1 + l_n/d}{12} \right) + \frac{A_{vh}}{S_h} \left(\frac{11 - \frac{L_n}{d}}{12} \right) \right) f_y \cdot d$$

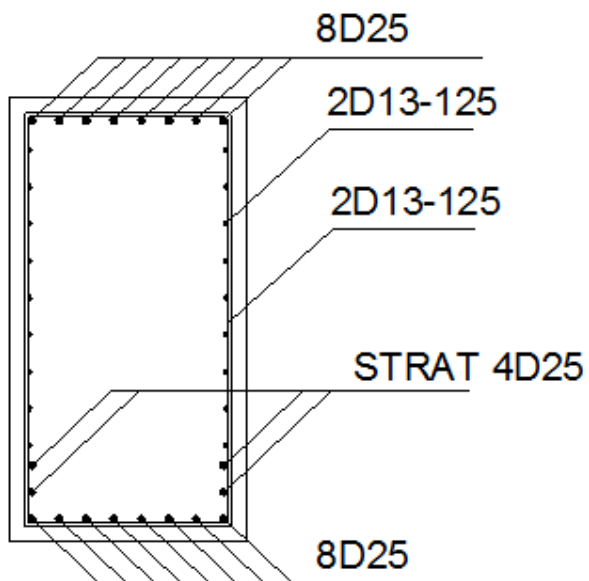
$$747422,52 \text{ N} = \left(\frac{265,33}{S_v} \left(\frac{1 + 4,16}{12} \right) + \frac{265,33}{S_h} \left(\frac{11 - 4,16}{12} \right) \right) 400 \times 1350$$

$$S = 191,696 \text{ mm}$$

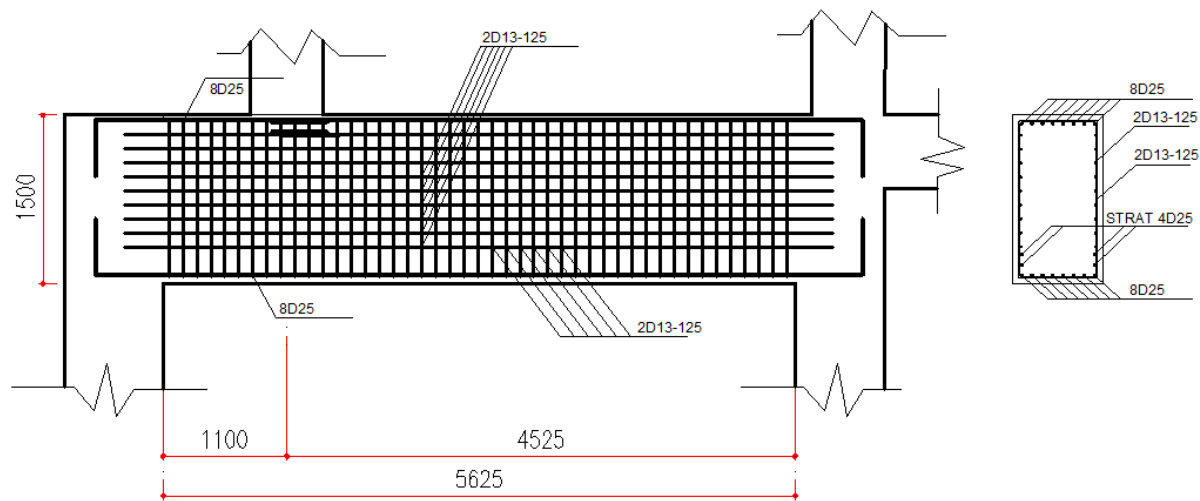
Jarak $S = 191,696 \text{ mm}$ ini tidak boleh lebih besar dari syarat jarak maksimum tulangan geser vertikal dan horizontal : $d/5 = 1350/5 = 270 \text{ mm}$ atau 300 mm . Dan harus diperiksa terhadap syarat luasan minimum tulangan geser :

- $A_v = 0,0025 b_w S_v$, $265,5 = 0,0025(800)S_v$, $S_v = 132,65 \text{ mm}$
- $A_v = 0,0025 b_w S_v$, $265,5 = 0,0025(800)S_v$, $S_v = 132,65 \text{ mm}$

Dari syarat-syarat diatas maka diambil $S_v = S_h = 132,65 \text{ mm}$, sehingga direncanakan jarak tulangan S_v dan $S_h = 125 \text{ mm}$.



Gambar 4.42 Penampang Balok Tingg



Gambar 4.43 Penulangan Balok Ting

4.5 Perencanaan Struktur Bawah

4.5.1 Desain Balok Pengikat

Balok pengikat (sloof) direncanakan untuk menahan gaya aksial, lentur serta geser, Gaya aksial yang dikenakan pada balok pengikat adalah gaya lateral yang terjadi pada struktur. Momen lentur dan geser yang direncanakan berasal dari beban berat sendiri balok serta berat dinding dan beban hidup di atasnya.

Menurut Pedoman Perancangan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1987 pasal 2.2.8, untuk pondasi setempat dari suatu gedung harus saling berhubungan dalam 2 arah (umumnya saling tegak lurus) oleh unsur penghubung yang direncanakan terhadap gaya aksial tarik dan tekan sebesar 10% dari beban vertikal maksimum.

Dalam perancangan sloof ini diambil contoh perhitungan pada sloof kolom interior :

Data Perencanaan

- Gaya aksial kolom = 865,9 Ton
- $P_u = 10\% \times 865,9 \text{ Ton} = 86,59 \text{ Ton}$
- Dimensi sloof = $450 \times 700 \text{ mm}$
- Panjang sloof = 8 m
- Mutu beton (f'_c) = 30 MPa
- Diameter Tul. Utama (\emptyset) = 19 mm
 - o Mutu Baja (f_y) = 400 MPa
 - o Elastisitas (E_s) = 200000 MPa
- Selimut beton = 50 mm

Tegangan ijin tarik beton :

$$f_{ijin} = 0,7 \times \sqrt{f'_c} = 0,7 \times \sqrt{30} = 3,83 \text{ MPa}$$

Tegangan Tarik yang terjadi :

$$f_r = \frac{P_u}{\phi b h} = \frac{865900}{0,8 \times 450 \times 700} = 3,43 < f_{ijin} = 3,38 \dots\dots \text{Oke}$$

Penulangan Lentur Sloof

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.12.3.2 Balok sloof yang didesain sebagai pengikat horisontal antara *poer* harus diporoposikan sedemikian hingga dimensi penampang terkecil harus sama dengan atau lebih besar jarak antar kolom yang disambung dibagi dengan 20, tetapi tidak perlu lebih besar dari 450 mm.

$$\frac{l}{20} = \frac{8000}{20} = 400 \text{ mm}$$

Direncanakan dimensi sloof terkecil adalah 450 mm, maka dimensi tersebut telah memenuhi kriteria pendesainan.

Penulangan sloof didasarkan pada kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga perilaku penampang hampir mirip dengan perilaku kolom.

Beban yang diterima Sloof :

- Berat sendiri = $0,45 \times 0,7 \times 2400$
= 756 Kg/m
- Berat dinding = 250×2
= $\frac{500 \text{ Kg/m}}{2} +$ q_d
= 1256 Kg/m

Konstruksi sloof merupakan balok menerus sehingga pada perhitungan momen digunakan momen koefisien. Besarnya koefisien momen tersebut ditentukan pada SNI 2847-2013 Pasal 8.3.3, sebagaimana diperlihatkan dengan analisis berikut ini:

$$q_u = 1,4q_d = 1,4 \times 1256 = 1758 \text{ Kg/m}$$

$$M_u = \frac{1}{10} \times q_u \times l^2 = \frac{1}{10} \times 1758 \times 8^2 = 11254 \text{ Kgm}$$

Untuk memudahkan desain penulangan lentur sloof digunakan program bantu analisis dengan memasukan data beban sebagai berikut :

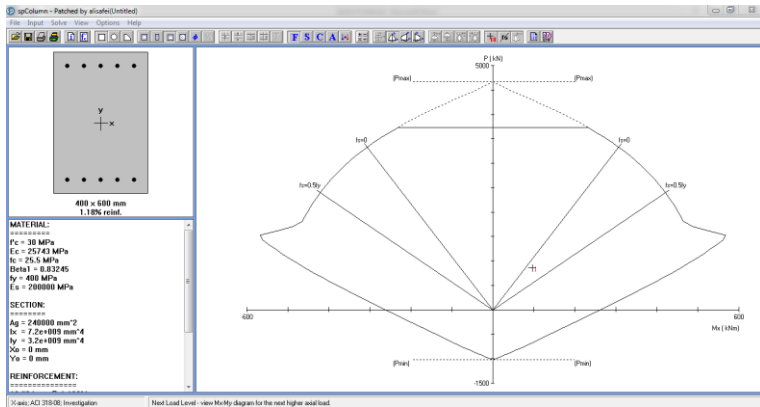
$$Mu = 112,54 \text{ kNm}$$

$$Pu = 865,9 \text{ kN}$$

Direncanakan menggunakan tulangan 10 D19

$$(As = 3801,33 \text{ mm}^2)$$

Lalu dicek dengan diagram interaksi hasil program bantu seperti pada Gambar 4.44.



Gambar 4.44 Interaksi aksial dan momen Sloof

Dari diagram interaksi pada Gambar 9.1 didapatkan rasio tulangan sebesar 1,18% (5 D 19) serta terlihat pula bahwa sloof mampu memikul kombinasi momen dan aksial yang terjadi.

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua tulangan longitudinal adalah 25 mm. Besarnya jarak antara tulangan longitudinal terpasang pada balok sloof tersebut adalah :

$$S = \frac{bw - 2 \cdot \text{decking} - 2 \cdot \emptyset_{\text{sengkang}} - n \cdot \emptyset_{\text{tul utama}}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$= \frac{450 - 2 \times 50 - 2 \times 10 - 5 \times 19}{5 - 1} = 58,75 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

Penulangan Geser Sloof

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times l = \frac{1}{2} \times 1758 \text{ Kg/m} \times 8\text{m} = 7034 \text{ Kg}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan perumusan berikut :

$$A_g = 450 \times 700 = 315000 \text{ mm}^2$$

$$d = 700 - 50 - 10 - 19/2 = 630,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{P_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_w d$$

$$= 0,17 \left(1 + \frac{865900}{14 \times 315000} \right) \sqrt{30} \times 450 \times 630,5$$

$$= 714694,267 \text{ N} = 714,69 \text{ kN}$$

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$0,75 \times 714,69 \text{ kN} = 536,020 \text{ kN} \geq 70,340 \text{ N (OK)}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.12.3 jarak antara tulangan transversal pada sloof tidak boleh kurang dari berikut ini:

- $d/2 = 630,5/2 = 315,25 \text{ mm}$
- 300 mm

Jadi dipasang sengkang $\phi 10$ –250 mm di sepanjang sloof.

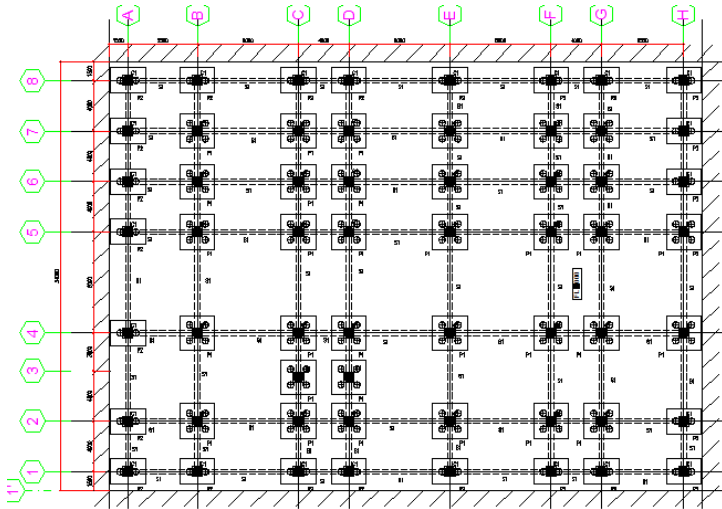
4.5.2 Pondasi Borepile

Perencanaan pondasi dengan spesifikasi model pondasi yang digunakan pada *Hotel Bestwestern OJ*.

- Model : Bored pile
- Mutu Beton : 30 Mpa
- Mutu baja : BJ 41

Gaya – gaya yang diperoleh untuk perhitungan struktur bored pile menggunakan alat bantu perhitungan SAP 2000. Perencanaan

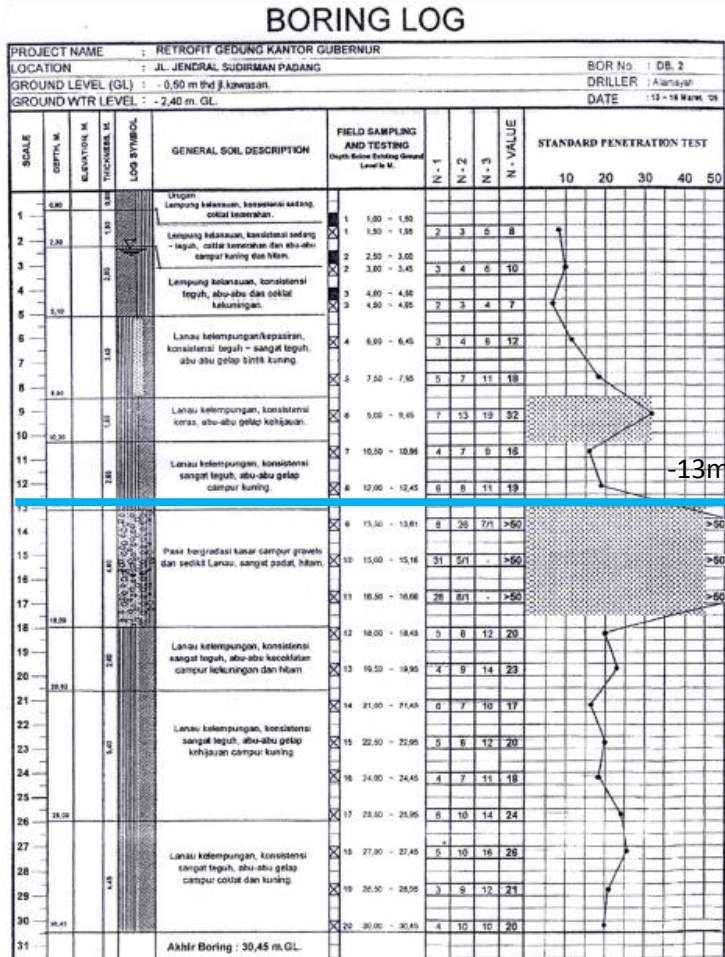
ini dimulai dari kedalaman -2m dibawah permukaan tanah asli.
Denah Pondasi ekterior dan interior adalah sebagai berikut.



Gambar 4.45 Denah Pondasi

4.5.2.1 Perhitungan Daya dukung Bored pile

Daya dukung Bored Pile dihitung dari kedalaman -2 m dan panjang bored pile adalah 13 m yang terdapat pada gambar 8.2.



Gambar 4.46 Data Tanah SPT

Tabel 4.28 Data tanah

Depth (m)	Jenis Tanah	N rata2
0	Urugan Lempung Kelanauan	0
-1,5	Lempung Kelanauan konsistensi teguh	8
-3,5	Lempung Kelanauan konsistensi teguh	10
-4,8	Lempung Kelanauan konsistensi teguh	7
-6,3	Lanau kelepungan/Kepasiran, Konsistensi teguh-sangat teguh	12
-7,5		18
-8,5		32
-10,3	Lanau Kelepungan Konsistensi keras	16
-12,45	Lanau Kelepungan Konsistensi sangat keras, abu-abu gelap	19
-13,5		50
-15	Pasir bergradasi kasar campur gravels dan sedikit lanau, sangat padat, hitam	50
-16,5		50
-18,45		20
-19,95	Lanau Kelepungan Konsistensi sangat keras, abu-abu gelap	23
-21,45		17
-22,9	Lanau kelepungan/Kepasiran, Konsistensi teguh-sangat teguh	20
-24,45		18
-25,95		24
-28,95		26
-30,45	Lanau kelepungan/Kepasiran, Konsistensi teguh-sangat teguh	21
-31,45		20

Direncanakan :

Kedalaman bor pile (h) = 13 m

Diameter bor pile (D) = 0,5

Keliling bor pile = $\pi \cdot D$

$$= 3,14 \cdot 0,5 \text{ m} = 1,57 \text{ m}$$

Luas bor pile (A_p) = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,5)^2 = 0,196 \text{ m}^2$$

Luas selimut tiang (A_s) = $\pi \cdot D \cdot h$

$$= 3,14 \cdot 0,5 \text{ m} \cdot 13 \text{ m} = 20,42 \text{ m}^2$$

Tebal selimut (t) = 50 mm

Mutu beton = 30 Mpa

Safety factor = 2

Menghitung daya dukung tanah :

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Dengan

$$Q_p = 40 \cdot N \cdot A_p$$

$$= 40 \cdot 50 \cdot 0,196 \text{ m}^2$$

$$= 392,699 \text{ ton}$$

$$Q_s = \frac{A_s \cdot N_{av}}{5}$$

$$= \frac{20,42 \cdot 19,111}{5}$$

$$= 78,051 \text{ ton}$$

$$Q_u = 392,699 \text{ ton} + 78,051 \text{ ton}$$

$$= 470,750 \text{ ton}$$

$$P_{ijin} = \frac{Q_u}{S_f}$$

$$= \frac{470,750 \text{ ton}}{2}$$

$$= 235,375 \text{ ton}$$

a. Kebutuhan borepile

Kebutuhan borepile pada masing-masing type pondasi diambil dari beban kombinasi 1 DL + 1 LL dari hasil analisis output SAP 2000.

Tabel 4.29 Reaksi Pondasi

No	Type	Gaya Dalam		
		P (ton)	Mx (Tm)	My (Tm)
1	Interior (P1)	865,9	1,03	-1,69
2	Ekterior (P2)	296,8	13,41	11,44

Jumlah Kebutuhan borepile

$$P1 \text{ (interior)} = \frac{P}{P_{ijin}} = \frac{865,9 \text{ ton}}{235,375 \text{ ton}} = 5 \text{ buah}$$

$$P2 \text{ (ekterior)} = \frac{P}{P_{ijin}} = \frac{296,8 \text{ ton}}{235,375 \text{ ton}} = 2 \text{ buah}$$

b. Dimensi Pilecap

Pada perencanaan pondasi bor pile dalam menghitung jarak antar bor pile (S) menurut buku karangan Karl Terzaghi dan Ralph B. Peck dalam bukunya Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa Jilid 2 menyebutkan bahwa :

Perhitungan jarak antar bor pile (S)

$$S \geq 2,5 D$$

$$S \geq 2,5 \times 50 \text{ cm}$$

$$S \geq 125 \text{ cm} \quad \text{Maka dipakai } S = 125 \text{ cm}$$

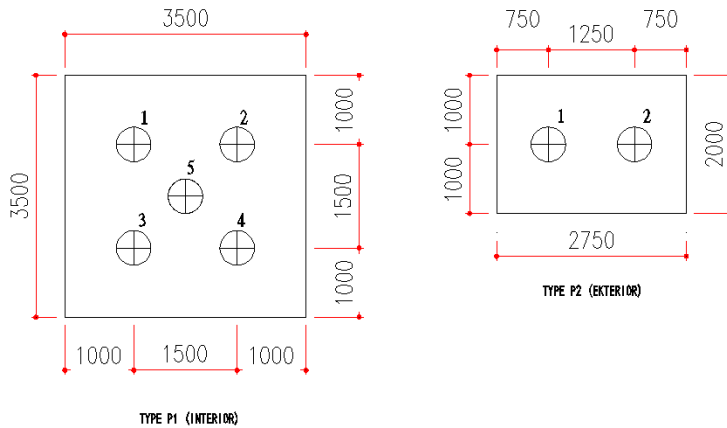
Perhitungan jarak bor pile ke tepi poer (S')

$$S' = 1,5 D$$

$$S' = 1,5 \times 50 \text{ cm}$$

$$S' = 75 \text{ cm} \quad \text{Maka dipakai } S = 75 \text{ cm}$$

ukuran panjang dan lebar pada masing-masing type pilecap disimpulkan pada gambar 8.3



Gambar 4.47 Dimensi Pilecap

Direncanakan tebal pilecap (d) = 1000 mm

W pile cap

- $W1 = 2,75 \text{ m} \times 2,75 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 2,4 \text{ t/m}^3 = 12,705 \text{ ton}$
- $W2 = 2,75 \text{ m} \times 2,00 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 2,4 \text{ t/m}^3 = 9,24 \text{ ton}$

P aktual

- $P1 = 865,9 \text{ ton} + 12,705 \text{ ton} = 878,605 \text{ ton}$
- $P2 = 296,8 \text{ ton} + 9,24 \text{ ton} = 306,025 \text{ ton}$

Jumlah borepile aktual

- $n \text{ P1} = 878,605 \text{ ton} / 235,375 \text{ ton} = 5 \text{ buah}$
- $n \text{ P2} = 306,025 \text{ ton} / 235,375 \text{ ton} = 2 \text{ buah}$

c. Perhitungan daya dukung tiang berdasarkan efisiensi

Menentukan Efisiensi Aktual

Efisiensi aktual ditentukan dengan menggunakan perumusan dari Los Angeles sebagai berikut :

$$\text{Jumlah baris, } (m) = 2$$

$$\text{Jumlah kolom, } (n) = 2$$

$$C_e = 1 - \frac{B}{L} x \frac{1}{\pi x m x n} \left[m(n-1) + n(m-1) + \sqrt{2(m-1)(n-1)} \right]$$

$$C_e \text{ Interior (P1)} = 0,808$$

$$C_e \text{ Ekterior (P2)} = 0,8841$$

Pijin Tanah

$$\text{Pijin tanah} = n \times \text{Pijin}$$

$$\text{Pijin tanah (P1)} = 0,808 \times 235,375 \text{ ton}$$

$$= 190,280 \text{ ton}$$

$$\text{Pijin tanah (P2)} = 0,8841 \times 235,375 \text{ ton}$$

$$= 208,116 \text{ ton}$$

Kontrol Beban Aksial Satu Tiang Pancang

Berdasarkan Gambar 8.3 didapatkan jarak masing-masing tiang pancang terhadap titik berat poer, seperti yang diperlihatkan pada Tabel 4.30

Tabel 4.30 Jarak Titik Pancang Ekterior

Tiang	Sumbu (m)			
	x	x ²	y	y ²
P1	0,75	0,563	0,75	0,563
P2	0,75	0,563	0,75	0,563
P3	0,75	0,563	0,75	0,563
P4	0,75	0,563	0,75	0,563
P5	0	0	0	0
Σ		2,25		2,25

Tabel 4.31 Jarak Titik Pancang Interior

Tiang	Sumbu (m)			
	x	x ²	y	y ²
P1	0,625	0,391	0,625	0,391
P2	0,625	0,391	0,625	0,391
Σ		0,781		0,781

Gaya yang dipikul masing masing bor pile

$$P_i = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_{xo} y_{\max}}{\Sigma y^2} \pm \frac{M_{yo} x_{\max}}{\Sigma x^2}$$

$$(P1) P_{\max \text{ interior}} = \frac{865,9}{5} + \frac{1,03 \times 0,75}{2,25} + \frac{1,69 \times 0,75}{2,25}$$

$$= 173 \text{ Ton} < \text{Pijin (P1)} = 190,280 \text{ ton (OK)}$$

$$(P2) P_{\max \text{ eksterior}} = 168,272 \text{ ton} < \text{Pijin (P2)} = 208,116 \text{ ton (OK)}$$

4.5.2.2 Perencanaan Struktur *Bored pile*

Data Perencanaan :

diameter	: 500 mm
Kuat tekan beton (f_c')	: 30 Mpa
Kuat leleh tulangan lentur (f_y)	: 400 Mpa
Kuat leleh tulangan geser (f_y geser)	: 400 Mpa
Diameter tulangan lentur (D lentur)	: 19 mm
Diameter tulangan geser (\emptyset geser)	: 13 mm
Tebal selimut beton (t decking)	: 50 mm
Faktor β_1	: 0,85
Faktor reduksi kekuatan (ϕ)	: 0,65
Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ)	: 0,75

Tinggi efektif pile

$$\begin{aligned} d &= b - \text{decking} - \varnothing \text{ sengkang} - \frac{1}{2} D \text{ tul. Lentur} \\ &= 300 \text{ mm} - 50 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - \frac{1}{2} 16 \text{ mm} \\ &= 229 \text{ mm} \end{aligned}$$

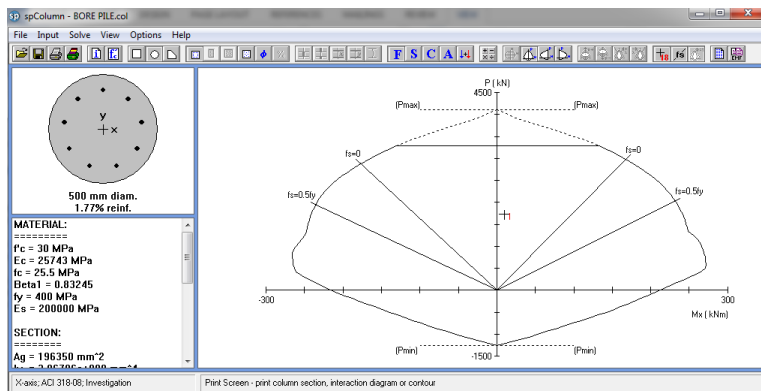
$$\begin{aligned} d' &= \text{decking} + \varnothing \text{ sengkang} + \frac{1}{2} D \text{ tul. lentur} \\ &= 50 \text{ mm} + 13 \text{ mm} + \frac{1}{2} 16 \text{ mm} \\ &= 71 \text{ mm} \end{aligned}$$

Diketahui gaya 1 tiang adalah sebagai berikut :

$$P = 172,925 \text{ Ton} = 1729,25 \text{ Kn}$$

$$M_x = 1,03 \text{ tm} = 10,3 \text{ kNm}$$

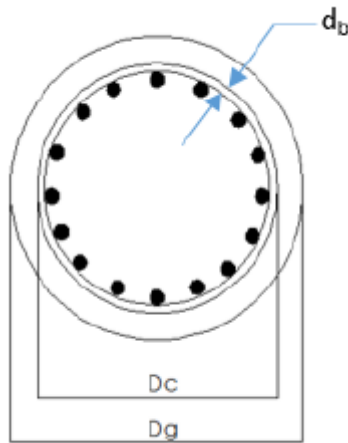
Dari beban aksial dan momen yang terjadi pada tabel 8.2, kemudian dilakukan perhitungan penulangan memanjang pile menggunakan program bantu PCA COL, didapatkan diagram interaksi antara aksial dan momen pada pile, yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.48 Grafik Interaksi Aksial dan Momen pada pile

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.3, Luas tulangan memanjang, Ast, tidak boleh kurang dari 0.01 Ag atau lebih dari 0.06 Ag. Dari diagram interaksi yang dibuat oleh program PCACOL diperoleh Tulangan longitudinal : 19 D19, dengan rasio tulangan = 1.77 % (OK).

Penulangan Geser



Gambar 4.49 Penulangan Geser Spiral

Data Percanaan

d_b	= 13 mm
f_c'	= 30 Mpa
f_{yt}	= 400 Mpa
D_g	= 300 mm
Tebal selimut	= 50 mm
D_c	= 250 mm

Rasio tulangan spiral berdasarkan pasal 10.9.3 SNI 03-2847- 2013

$$\rho_s = 0,45 \cdot \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \cdot \frac{f_c'}{f_{yt}}$$

dengan:

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan geser (as}_v\text{)} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d_b^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2 \\ &= 132,73 \text{ mm}^2 \\ \text{Luas bruto (A}_g\text{)} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_g^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 300^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas } A_{ch} &= 70685,83 \text{ mm}^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_c^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 200^2 \\
 &= 31415,93 \text{ mm}^2 \\
 \text{Jadi } \rho_s &= 0,45 \cdot \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \cdot \frac{f_{c'}}{f_{yt}} \\
 &= 0,45 \cdot \left(\frac{70685,83 \text{ mm}^2}{31415,93 \text{ mm}^2} - 1 \right) \cdot \frac{30 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \\
 &= 0,04218 \\
 S &= \frac{as \cdot \pi \cdot (D_c - db)}{\left(\frac{\pi \cdot D_c^2}{4} \right) \cdot \rho_s} \\
 &= \frac{132,73 \text{ mm} \cdot \pi \cdot (250 \text{ mm} - 13 \text{ mm})}{\left(\frac{\pi \cdot 250^2}{4} \right) \cdot 0,04218} \\
 &= 58,83 \text{ mm} \sim 50 \text{ mm} \\
 S_{max} &= 75 \text{ mm} \\
 \text{Jadi pada borpile dipasang tulangan geser } \emptyset 13-50
 \end{aligned}$$

4.5.2.3 Perencanaan Pilecap P1 (interior)

a. Kontrol Tebal Pilecap P1

Perencanaan tebal poer harus memenuhi suatu ketentuan bahwa kekuatan geser nominal harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi.

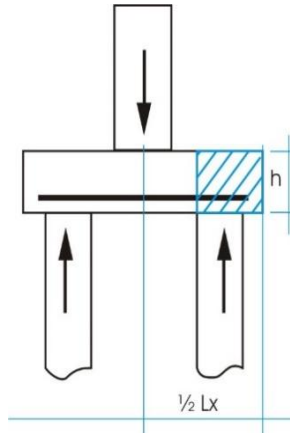
Data Perencanaan Poer :

- Dimensi Kolom = 750 x 750 mm
- Dimensi Poer = 3500 x 3500 x 1000 mm
- Selimut Beton = 70 mm
- Ø Tulangan = 22 mm
- Mutu Beton, ($f'c$) = 40 MPa
- Dimensi tiang pancang = 500 mm
- λ = 1 (Beton Normal)
- α_s = 30 (Kolom Tepi)
- Rasio sisi panjang terhadap daerah reaksi, (β)

$$\beta = \frac{750}{750} = 1$$

$$d = 1000 - 70 - \frac{22}{2} = 919 \text{ mm}$$

Perhitungan geser 1 arah



Gambar 4.50 Geser satu arah

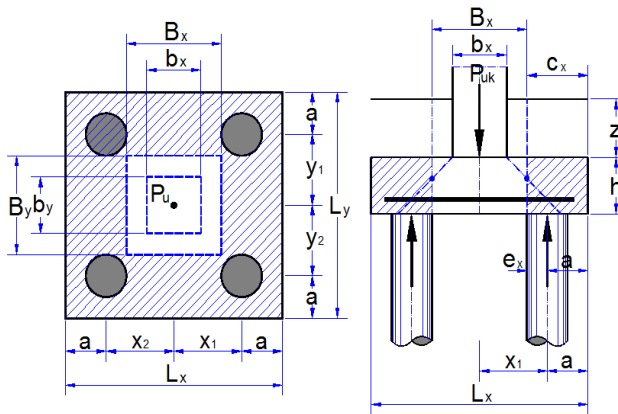
$$\sigma_u = \frac{Pu}{A} = \frac{8659000}{3500 \times 3500} = 0,706 \text{ N/mm}^2$$

$$A_t = \frac{((P_{poer}) - (D.kolom) - 2d_{poer})/2 \times L_{poer}}{2750} = 1312500 \text{ mm}^2$$

$$V_u = \sigma_u \times A_t = 0,706 \text{ N/mm}^2 \times 1312500 \text{ mm}^2 = 927750,00 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,75 \times (1/6) \times \sqrt{f_c} \times b \times d \\ &= 0,75 \times (1/6) \times \sqrt{40} \times 3500 \times 919 \\ &= 2542866,523 \text{ N} > V_u = 927750,00 \text{ N (Aman)} \end{aligned}$$

Perhitungan geser pons



Gambar 4.51 Geser pons

$$\begin{aligned}
 \sigma_u &= \frac{Pu}{A} = \frac{8659000}{3500 \times 3500} = 0,706 \text{ N/mm}^2 \\
 \text{Luas pile} &= 3500 \times 3500 = 12250000 \text{ mm}^2 \\
 \text{Luas pons} &= [(0,5 \times 919) + 750 + (0,5 \times 919)]^2 \\
 &= 2785561 \text{ mm}^2 \\
 V_u &= \sigma_u \times (L_{\text{pile}} - L_{\text{pons}}) \\
 &= 0,706 \times (12250000 \text{ mm}^2 - 2785561 \text{ mm}^2) \\
 &= 6690006,310 \text{ N} \\
 \phi V_c &= 0,75 \times 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \lambda \sqrt{f_c} b_o d \\
 &= 14986928,756 \text{ N} \\
 \phi V_c &= 14986928,756 \text{ N} > V_u = 6690006,310 \text{ N (Aman)}
 \end{aligned}$$

b. Perencanaan Tulangan Lentur Pile Cap (Poer)

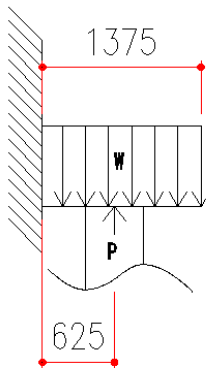
Pada perencanaan tulangan lentur, poer diasumsikan sebagai balok kantilever jepit dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi bor pile dan berat sendiri pile cap. Pada perencanaan penulangan ini digunakan pengaruh

beban sementara, dikarenakan P beban sementara lebih besar daripada P beban tetap.

Data Perencanaan

- Dimensi poer = $0,9\text{m} \times 1,7\text{m} \times 0,7\text{m}$
- Jumlah bor pile = 2 buah
- Dimensi kolom = $50\text{ cm} \times 50\text{ cm}$
- Mutu beton (f_c') = 30 MPa
- Mutu baja (f_y) = 400 Mpa
- D tulangan utama = 19 mm
- Selimut beton (p) = 50 mm
- h = 700 mm
- d_x = $700 - 50 - (1/2 \times 19) = 640,5\text{ mm}$
- d_y = $700 - 50 - 19 - (1/2 \times 19) = 621,5\text{ mm}$
- ϕ = $0,8$

Pembebanan yang terjadi pada poer adalah :



Gambar 4.52 Pembebanan Pilecap P1

$$\begin{aligned}
 W \text{ pilecap} &= 2,4 \times 10^{-5} \text{ N/mm}^3 \times 3500 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \times 17250 \\
 &\text{mm} = 147000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= n \times P \\
 &= 1730000 \text{ N} \times 2 \\
 &= 3459394,52 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mu &= (3459394,52 \text{ N} \times 525 \text{ mm}) - (147000 \text{ N} \times 688 \text{ mm}) \\
 &= 2060985575 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$Mn = \frac{92060985575 \text{ Nmm}}{0,9} = 2576231968,75 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi \times b \times d^2} = \frac{2576231968,75}{3500 \times 919^2} = 2,218 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 40 \text{ Mpa}} = 11,764$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{11,764} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,764 \times 2,218}{400}} \right)
 \end{aligned}$$

$$\rho_{perlu} = 0,0035$$

ρ_{min} , ρ_{perlu} dan ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,0057 < 0,024 \text{ (oke)}$$

$$\rho_{pakai} = 0,0057$$

$$\begin{aligned}
 As_{perlu} &= \rho_{perlu} \times b \times d \\
 &= 0,0035 \times 3500 \text{ mm} \times 919 \text{ mm} \\
 &= 11400,25 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek tulangan minimum pada komponen struktur lentur

$$S_{max} = 2h$$

$$S_{max} = 2 \times 919 \text{ mm} = 1838 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan diameter 22 mm

$$S_{pakai} = 150 \text{ mm}$$

Tulangan Pakai D19-150

$$A_{s_{pasang}} = \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{S_{pakai}}$$

$$A_{s_{pasang}} = \frac{0,25 \times \pi \times 22^2 \times 3500}{150}$$

$$A_{s_{pasang}} = 8865,266 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{pasang}} > A_{s_{perlu}}$$

$$8865,266 \text{ mm}^2 \geq 7253,146 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$A_s' = 0.5 A_s = 0.5 \times 8865,266 = 4432,633 \text{ mm}^2$$

$$n = 4432,633 / (\frac{1}{4} \pi 19^2) = 4432,633 / 283 = 16 \text{ buah}$$

$$s = 4432,633 / 16 = 277 \text{ mm}$$

gunakan s= 250 mm

Perhitungan penulangan arah y pelat Pilecap akan ditampilkan dalam bentuk tabel seperti pada tabel 8.5.

Tabel 4.32 Penulangan pelat pilecap P1

Perhitungan	Arah X	Arah Y
Mu (Nmm)	2060985575	2060985575
Mn (Nmm)	2576231969	2576231969
Rn	2,21845817	2,328613339
m	11,7647059	11,76470588
ρ_b	0,04335	0,04335
ρ_{min}	0,0035	0,0035
ρ	0,00573995	0,006035835
As (mm ²)	7253,1463	7444,448174
S (mm)	150	150
D (mm)	22	22
As pakai (mm ²)	8865,26667	8865,26667
Keterangan	OK	OK

4.5.3 Dinding Penahan Tanah

Perencanaan dinding penahan tanah dengan spesifikasi model dinding yang digunakan pada *Hotel Bestwestern OJ* dengan data-data sebagai berikut :

Direncanakan :

Kedalaman dinding (h)	= 2 m
Tebal dinding (d)	= 300 mm
Mutu beton	= 30 Mpa
Mutu baja	= BJ 41
D tulangan	= 19 mm
Tebal cover (d'')	= 75 mm

Data tanah :

γ_t	= 20 kN/m ³
ϕ	= 25°

4.5.3.1 Perhitungan Reaksi Dinding

$$\text{Nilai } C_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \frac{1 - \sin 25^\circ}{1 + \sin 25^\circ} = 0,4$$

$$\begin{aligned} P_a &= C_a \times w \times h \\ &= 0,4 \times 20 \text{ kN/m}^3 \times 2 \text{ m} \\ &= 16 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

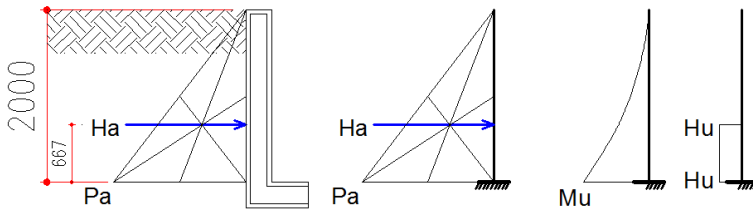
$$\begin{aligned} H_a &= \frac{1}{2} \times P_a \times h \\ &= \frac{1}{2} \times 16 \times 2 \\ &= 16 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_a &= 0,667 \times 16 \\ &= 11 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_u = 1,6 \times M_a = 17,325 \text{ kNm}$$

$$V_u = 1,6 \times H_a = 26 \text{ kN}$$

Dengan menganggab dinding terjepit di bawah, maka skema pembebanan serta diagram momen lentur dapat ditampilkan pada gambar 8.10.



Gambar 4.53 Skema Pembebanan dan Reaksi dinding

4.5.3.2 Periksa Terhadap Geser

Direncanakan tebal dinding 300 mm, maka :

$$d = 300 - 75 - 19 = 206 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi(0,17 \lambda \sqrt{F_c} \text{ bw } d) \\ &= 0,75 (0,17 \times 1 \times \sqrt{40} \times 1000 \times 206) \\ &= 166114,4 \text{ N} \\ &= 166,114 \text{ kN} < V_u = 26 \text{ kN} \end{aligned}$$

4.5.3.3 Penulangan Lentur

$$M_u = 17,325 \text{ kNm} = 17325288,382 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{17325288,382 \text{ Nmm}}{0,9} = 21656610,4780 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi \times b \times d^2} = \frac{21656610,4780}{1000 \times 206^2} = 0,51 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 40 \text{ Mpa}} = 11,764$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,764} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,764 \times 0,51}{400}} \right) \end{aligned}$$

$$\rho_{perlu} = 0,0012$$

ρ_{min} , ρ_{perlu} dan ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{min} > \rho_{perlu}$$

$$0,0035 > 0,0057$$

$$\rho_{pakai} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} A_{s_{perlu}} &= \rho_{perlu} \times b \times d \\ &= 0,035 \times 1000 \text{ mm} \times 206 \text{ mm} \\ &= 721 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek tulangan minimum pada komponen struktur lentur

$$S_{max} = 2h$$

$$S_{max} = 2 \times 206 \text{ mm} = 412 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan diameter 19 mm

S pakai = 250 mm

Tulangan Pakai D19-250

$$A_{s_{pasang}} = \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{S_{pakai}}$$

$$A_{s_{pasang}} = \frac{0,25 \times \pi \times 19^2 \times 1000}{150}$$

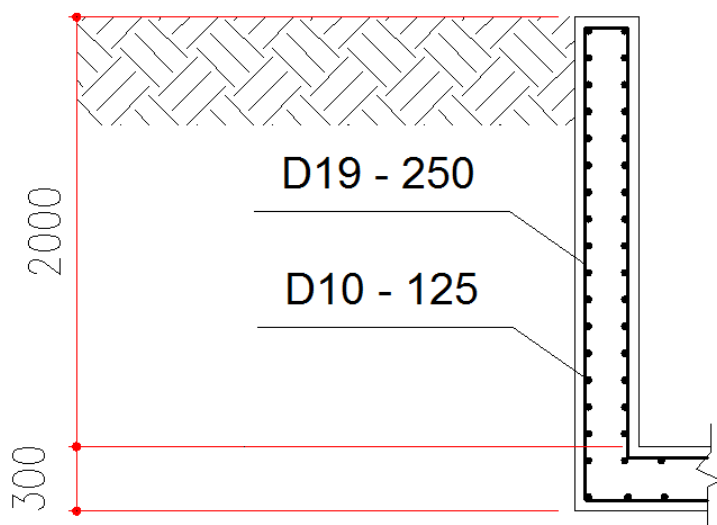
$$A_{s_{pasang}} = 1133,54 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{pasang}} > A_{s_{perlu}}$$

$$1133,54 \text{ mm}^2 \geq 721 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Tulangan memanjang dalam arah horizontal, dapat diberikan berdasarkan kebutuhan rasio minimum tulangan sebesar 0,002 (SNI 2847:2013 Pasal 14.3.3). Sehingga

$$A_s = 0,003 \times 300 \times 1000 = 600 \text{ mm}^2. \text{ (dipasang tulangan D10 – 125, } A_s = 628 \text{ mm}^2, \text{ di kedua sisi dinding).}$$



Gambar 4.54 Penulangan Dinding Penahan Tanah

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Base Isolator merupakan salah satu teknologi peredam gempa pada struktur yang mulai dikembangkan dengan berbagai jenis dan tipe sejak tahun 1990. Pada tugas akhir ini telah dilakukan perancangan modifikasi *Isolation Structure* dengan *Base Isolator* tipe *High Damping Rubber Bearing (HDRB)* sesuai tahapan dan persyaratan SNI 03-1726-2012. Pembebanan gempa dalam proses analisa *Isolation Structure* dipengaruhi oleh perpindahan rencana dan kekakuan *Base Isolator* untuk memperoleh *Base Force* atau beban lateral yang akan ditransfer pada struktur diatas *Sistem Isolation Structure*.

Semua hasil perhitungan modifikasi perancangan *Isolation Structure* Prasarana Jalan, Tata Ruang dan Pemukiman Prov. Sumatera Barat yang telah dilakukan dituangkan dalam gambar teknik dengan hasil sebagai berikut :

1. Dimensi *Base Isolator* Tipe *High Damping Rubber Bearing (HDRB)*
 - Kolom Interior menggunakan HDRB diameter 90 cm
 - Kolom Eksterior menggunakan HDRB diameter 75 cm

Properties Element menggunakan Katalog *Seismic Isolation Product Bridgestone* dengan *Characteristic name* HH090X6R (Interior) dan HH075X6R (Eksterior) **Lampiran.**
2. Dari perancangan yang dilakukan didapat dimensi dan penulangan elemen struktur seperti pada Table 9.1 dan Tabel 9.2.

Tabel 5.1 Rekapitulasi Hasil Perancangan Struktur Sekunder

Element Struktur	Dimensi (mm)	Material	Tulangan
Pelat S1 Lt. Dasar- Lt. 2	t=200	Beton, $f'c=30 \text{ Mpa}$ Tulangan $F_y 400$	D12-125 (arah x) D12-125 (arah y)
Pelat S1 Lt.3- Lt. 10	t=150	Beton, $f'c=30 \text{ Mpa}$ Tulangan $F_y 400$	D10-175 (arah x) D10-175 (arah y)
Pelat SK (Kolam)	t=150	Beton, $f'c=30 \text{ Mpa}$ Tulangan $F_y 400$	D10-175 (arah x) D10-175 (arah y)
Pelat S3Lt. Atap	t=120	Beton, $f'c=30 \text{ Mpa}$ Tulangan $F_y 400$	D10-225 (arah x) D10-225 (arah y)
Pelat S2 Lt.3- Lt. 10	t=120	Beton, $f'c=30 \text{ Mpa}$ Tulangan $F_y 400$	D10-225 (arah x) D10-225 (arah y)
Pelat Ramp	t=200	Beton, $f'c=40 \text{ Mpa}$ Tulangan $F_y 400$	D16-100 (arah x) D16-100 (arah y)
Balok Ramp	h = 400 b = 250	Beton, $f'c=40 \text{ Mpa}$ Tulangan $F_y 400$	4D16 (tumpuan) 4D16 (lapangan) 2D10-150/200
Balok Sekunder BA1	h = 500 b = 350	Beton, $f'c=40 \text{ Mpa}$ Tulangan $F_y 400$	4D19 (tumpuan) 3D19 (lapangan) 2D10-175/200
Balok Penopang Lift	h = 600 b = 400	Beton, $f'c=40 \text{ Mpa}$ Tulangan $F_y 400$	4D22 (tumpuan) 3D22 (lapangan) 2D10-150/200
Pelat Tangga - Optrade	t=150 O=174	Beton, $f'c=40 \text{ Mpa}$ Tulangan $F_y 400$	D12-200 (arah x) D8-100 (arah y)

- Aantrade	A=300		
Balok Bordes	h = 400	Beton, $f'c=40 \text{ Mpa}$	2D16 (tumpuan)
	b = 250	Tulangan $F_y 400$	2D16 (lapangan)
			2D8-150/200

Tabel 5.2 Rekapitulasi Hasil Perancangan Struktur Primer

Element Struktur	Dimensi (mm)	Material	Tulangan
Kolom Utama	b=750 h=750	Beton, $f'c=40 \text{ Mpa}$ $F_y 400 \text{ Mpa}$	16 D25 3D16-100/150 (Sengkang)
Balok BG (Interior)	b=500 h=700	Beton, $f'c=40 \text{ Mpa}$ $F_y 400 \text{ Mpa}$	8D25 (tumpuan) 6D25 (lapangan) 2D13-125/150
Balok BG (Eksterior)	b=500 h=700	Beton, $f'c=40 \text{ Mpa}$ $F_y 400 \text{ Mpa}$	8D25 (tumpuan) 6D25 (lapangan) 2D13-125/150
Balok Utama (B1)	b=500 h=700	Beton, $f'c=40 \text{ Mpa}$ $F_y 400 \text{ Mpa}$	8D25 (tumpuan) 6D25 (lapangan) 2D13-125/150

- Perencanaan *Isolation Structure* memenuhi persyaratan SNI - 1726-2012 yaitu element struktur, pembebanan dan analisa *Isolation Structure* telah memenuhi tahap-tahapan desain sesuai peraturan.
- Dari data tanah di daerah Jl. Jendral Sudirman Padang. Kondisi tanah terinditifikasi sebagai tanah sedang, sehingga memenuhi persyaratan untuk desain *Isolation Structure*. Dari perhitungan fondasi diperoleh kedalaman tiang pancang 13m

Tabel 5.3 Rekapitulasi Hasil Perancangan Struktur Bawah

Element Struktur	Dimensi (mm)	Material	Tulangan/Jumlah Tiang Pancang
Balok Pengikat	b=450 h=700	Beton, $f'c=40 \text{ Mpa}$ $F_y 400 \text{ Mpa}$	5D19 (Atas) 5D19 (Bawah) 2D10-250 (sengkang)

Fondasi Kolom (Interior)	PileCap B=3500 L=3500 T=1000	Beton, $f'_c=40 \text{ Mpa}$ $F_y 400 \text{ Mpa}$ (Bored pile)	5 Tiang $\varnothing 500\text{mm}$
Fondasi Kolom (Ekterior)	PileCap B=2750 L=2000 T=1000	Beton, $f'_c=40 \text{ Mpa}$ $F_y 400 \text{ Mpa}$ (Bored pile)	2 Tiang $\varnothing 500\text{mm}$

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil analisa dalam Tugas Akhir ini meliputi :

1. Perencanaan struktur menggunakan *Base Isolator*, sebaiknya dilakukan studi membandingkan biaya dan perilaku struktur antara *Fixed Based Structure* dengan *Isolation Structure* sehingga benar-benar diketahui keunggulan penggunaan *Base Isolator* terhadap gedung.
2. Sebaiknya dilakukan studi terhadap gedung tinggi untuk mengetahui lebih lanjut perilaku gedung tinggi dengan *Sistem Isolation Structure*.

DAFTAR PUSTAKA

- ASCE 7-02. American Society of Civil Engineers. (2002). *Minimum Design Loads for Buildings and other Structures*, ASCE Standard, USA.
- Alfonso, Vulcano.1998. "*Comparative Study of The Earthquake and Wind Dynamic Response of Base-Isolated Building*".**Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamic**: 74-76.
- Badan Standarisasi Nasional,(2007), "*Tata Cara Penghitungan Pembebanan Untuk Bangunan Rumah dan Gedung*". RSNI 03-1727-1989/Mod SEI/ASCE 7-02.
- Budiono, Bambang. (2011). "Konsep SNI Gempa 1726-201X". *Seminar HAKI 2011*.
- Federal Emergency Management Agency (1997), "*NEHRP Commentary On The Guidelines Rehabilitation Of Building*", FEMA-356, Washington DC.
- Islam, A.B.M.Saiful, M.Jameel, M.A.Uddiin, dan S.I.Ahmad.2011. "*Simplified Design Guidelines for Seismic Base Isolation in Multi-Storey Building for Bangladesh National Building Code*".**International Journal of The Physical Sciences** 9 (Oktober) : 6(23),pp 5467-5486.
- Jasa Perencanaan, Pengembangan & Evaluasi Desain Struktur. 2013 <http://PerencanaanStruktur.com>.
- Lesmana, Yudha. (2012). Analisis Perilaku Gedung Tinggi Yang Menggunakan Sistem *Base Isolation* Akibat Beban Gempa *Nonlinear Time History Analysis* . Surabaya, Indonesia

- Matsagar,Vasant,A. Dan R.S.Jangid.2004.”*Influence of Isolator Characteristics on the Response of Base-Isolated Structure*”. **Engineering Structure**: 1735-1749
- Naeim,F., dan J.M.Kelly.1999. ***Design of Seismic Isolated Structure From Theory to Practice***. New York : John Willey & Sons.
- SNI 03-2847-2013 (2013). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional BSN.
- SNI 03-1726-2012 (2012). *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Badan Standarisasi Nasional BSN.
- Teruna, Daniel R. (2011). “*Introduction And Aplication Base Isolator For Protection Structures From Seismic Damage*”. Seminar PT. Rekayasa Damper Pratama Consultan #HAKI;ACI.
- Trevor, E.Kelly 2001. ***Design Guidelines base Isolation of Structure***. New Zealand : Holmes Consulting Group Ltd

BIODATA PENULIS



Abid Farkhan

Lahir di Malang pada tanggal 5 Desember 1993. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN 02 Kesamben (2001-2007), SMPN 1 Kesamben (2007-2010), SMAN 1 Kesamben 1 (2010-2012), dan melanjutkan pendidikan Diploma 3 Jurusan Teknik Sipil Konsentrasi Bangunan Gedung di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (20012-2015). Pada tahun 2015 penulis melanjutkan pendidikan Sarjana (S-1) di Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan NRP 3115 105 057. Penulisan mengambil bidang studi struktur dan judul tugas akhir **“Perancangan Gedung Best Western OJ Hotel Padang Sumatra Barat, Dengan Menggunakan *Base Isolation High Rubber Bearing* (HDRB)”**.

Contact Person:

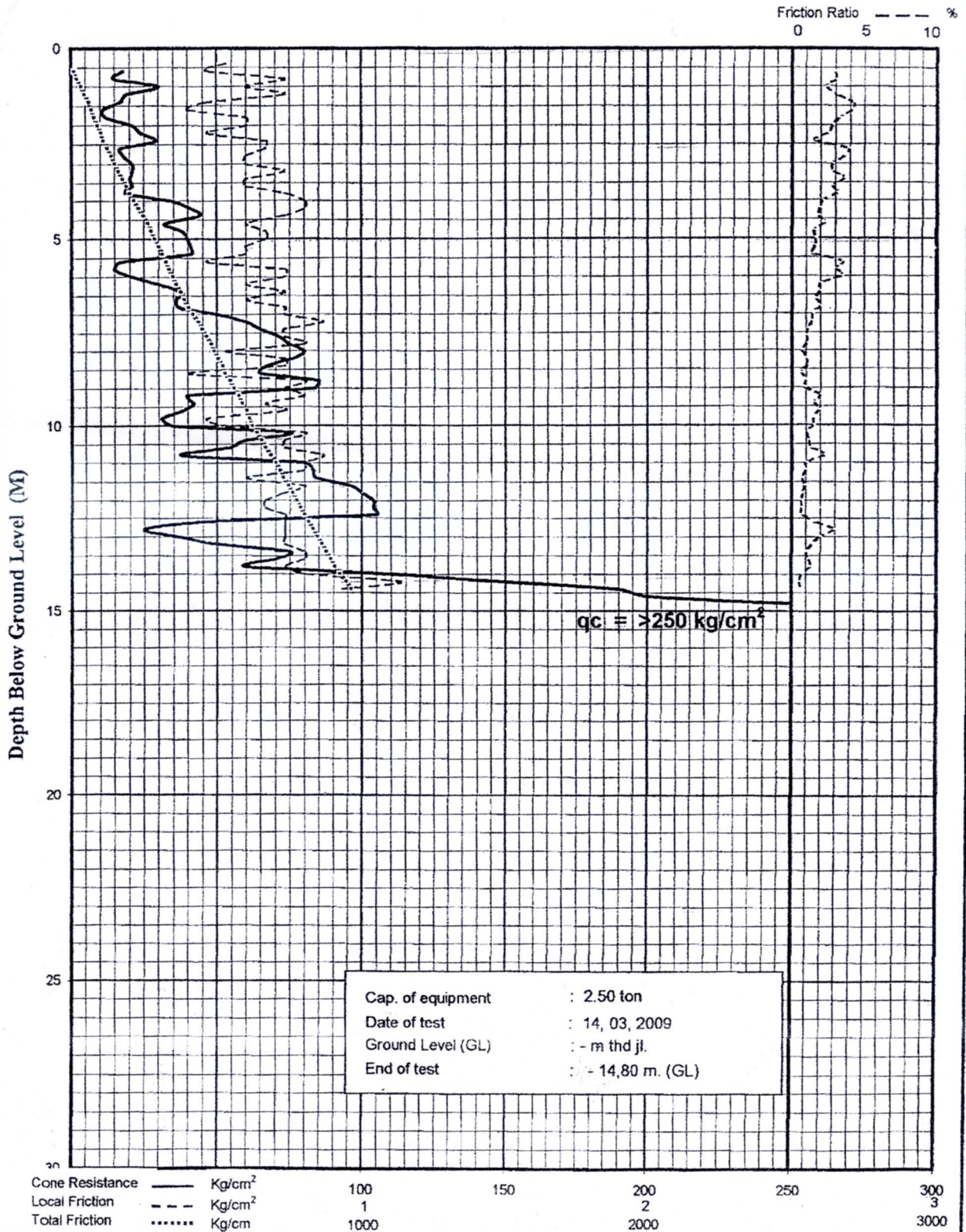
Email : abidfarkhan101@gmail.com

No. Tlpn : 085707901231

LAMPIRAN

- **BROSUR SEISMIC ISOLATION
PRODUCT BRIGESTONE**
 - **LAMPIRAN DATA TANAH**
 - **GAMBAR PERENCANAAN**

DUTCH CONE PENETRATION TEST



PT. INDECO PRIMA
Investigation, Design Consultants

RETROFIT GEDUNG KANTOR GUBERNUR
JL. JENDRAL SUDIRMAN PADANG

Test : S. 4

No. : 54486032009

BORING LOG

PROJECT NAME : RETROFIT GEDUNG KANTOR GUBERNUR
 LOCATION : JL. JENDRAL SUDIRMAN PADANG
 GROUND LEVEL (GL) : - 0,50 m thd jl.kawasan.
 GROUND WTR LEVEL : - 2,40 m. GL.
 BOR No. : DB. 2
 DRILLER : Alamsyah
 DATE : 13 - 16 Maret '09

SCALE	DEPTH, M.	ELEVATION, M.	THICKNESS, M.	LOG SYMBOL	GENERAL SOIL DESCRIPTION	FIELD SAMPLING AND TESTING Depth Below Existing Ground Level in M.	N - 1	N - 2	N - 3	N - VALUE	STANDARD PENETRATION TEST				
											10	20	30	40	50
1	0,80		0,80		Urugan. Lempung kelanauan, konsistensi sedang, coklat kemerahan.	1 1,00 - 1,50									
2	2,30		1,50		Lempung kelanauan, konsistensi sedang - teguh, coklat kemerahan dan abu-abu campur kuning dan hitam.	1 1,50 - 1,95	2	3	5	8					
3			2,80			2 2,50 - 3,00									
4					Lempung kelanauan, konsistensi teguh, abu-abu dan coklat kekuningan.	2 3,00 - 3,45	3	4	6	10					
5	5,10					3 4,00 - 4,50									
6			3,40		Lanau kelepungan/kepasiran, konsistensi teguh - sangat teguh, abu-abu gelap bintik kuning.	3 4,50 - 4,95	2	3	4	7					
7						4 6,00 - 6,45									
8	9,50					5 7,50 - 7,95	3	4	8	12					
9			1,80		Lanau kelepungan, konsistensi keras, abu-abu gelap kehijauan.	6 9,00 - 9,45	5	7	11	18					
10	10,30					7 10,50 - 10,95	7	13	19	32					
11			2,80		Lanau kelepungan, konsistensi sangat teguh, abu-abu gelap campur kuning.	8 12,00 - 12,45	4	7	9	16					
12	13,10					9 13,50 - 13,81	6	8	11	19					
13			4,80		Pasir bergradasi kasar campur gravels dan sedikit Lanau, sangat padat, hitam.	10 15,00 - 15,16	8	26	7/1	>50					>50
14						11 16,50 - 16,60	31	5/1	-	>50					>50
15	18,00					12 18,00 - 18,45	28	8/1	-	>50					>50
16			2,00		Lanau kelepungan, konsistensi sangat teguh, abu-abu kecoklatan campur kekuningan dan hitam	13 19,50 - 19,95	5	8	12	20					
17	20,80					14 21,00 - 21,45	4	9	14	23					
18			1,40		Lanau kelepungan, konsistensi sangat teguh, abu-abu gelap kehijauan campur kuning	15 22,50 - 22,95	6	7	10	17					
19						16 24,00 - 24,45	5	8	12	20					
20	26,00					17 25,50 - 25,95	4	7	11	18					
21			4,45		Lanau kelepungan, konsistensi sangat teguh, abu-abu gelap campur coklat dan kuning.	18 27,00 - 27,45	6	10	14	24					
22						19 28,50 - 28,95	5	10	16	26					
23	30,45					20 30,00 - 30,45	3	9	12	21					
24							4	10	10	20					
25															
26															
27															
28															
29															
30															
31					Akhir Boring : 30,45 m.GL.										
32															
33															

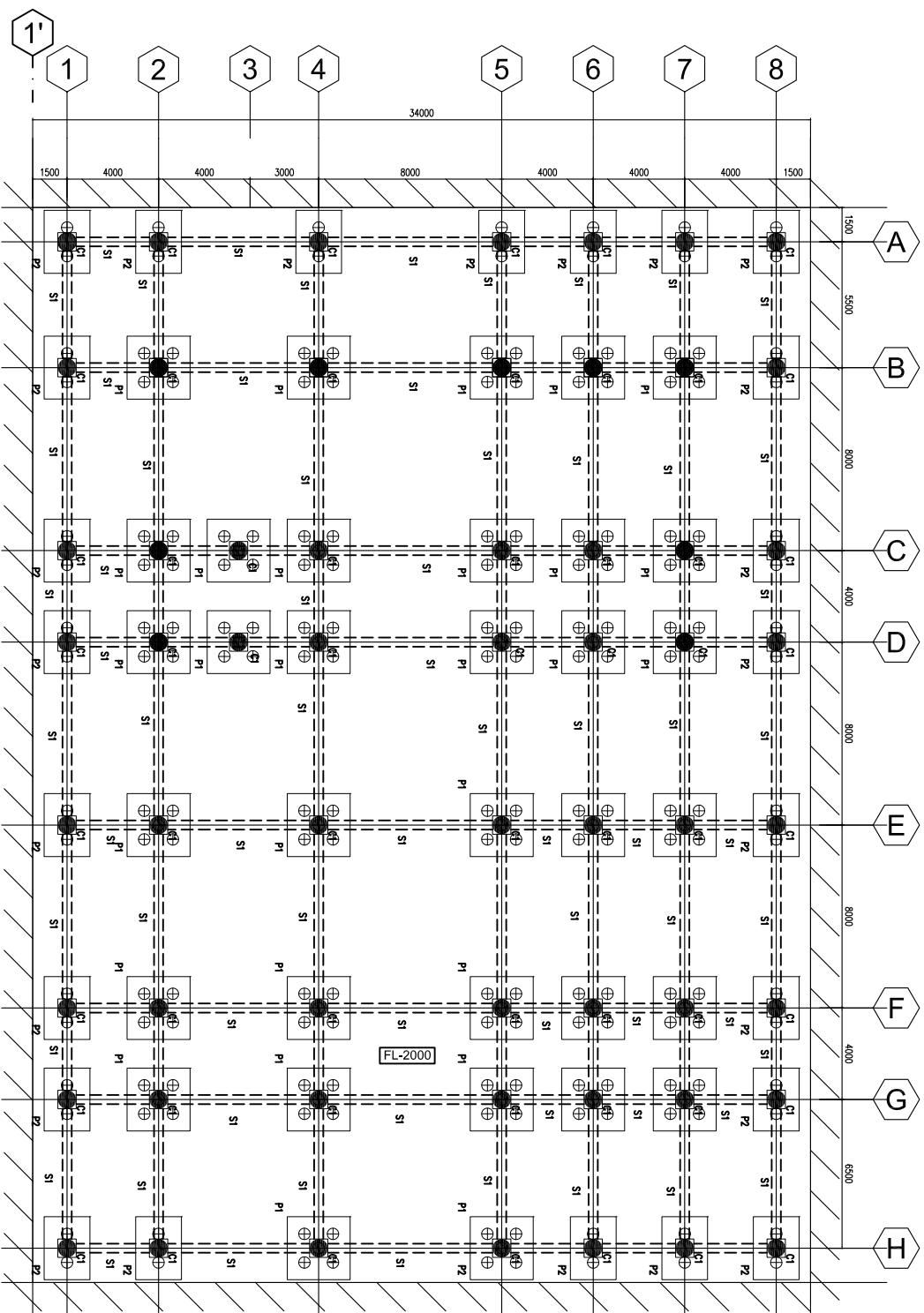


PT. INDECO PRIMA
 Investigation, Design Consultants

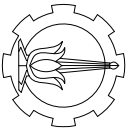
Thin Wall Tube Sample (TW)
 Standard Penetration Test (SPT).
 Core Sample

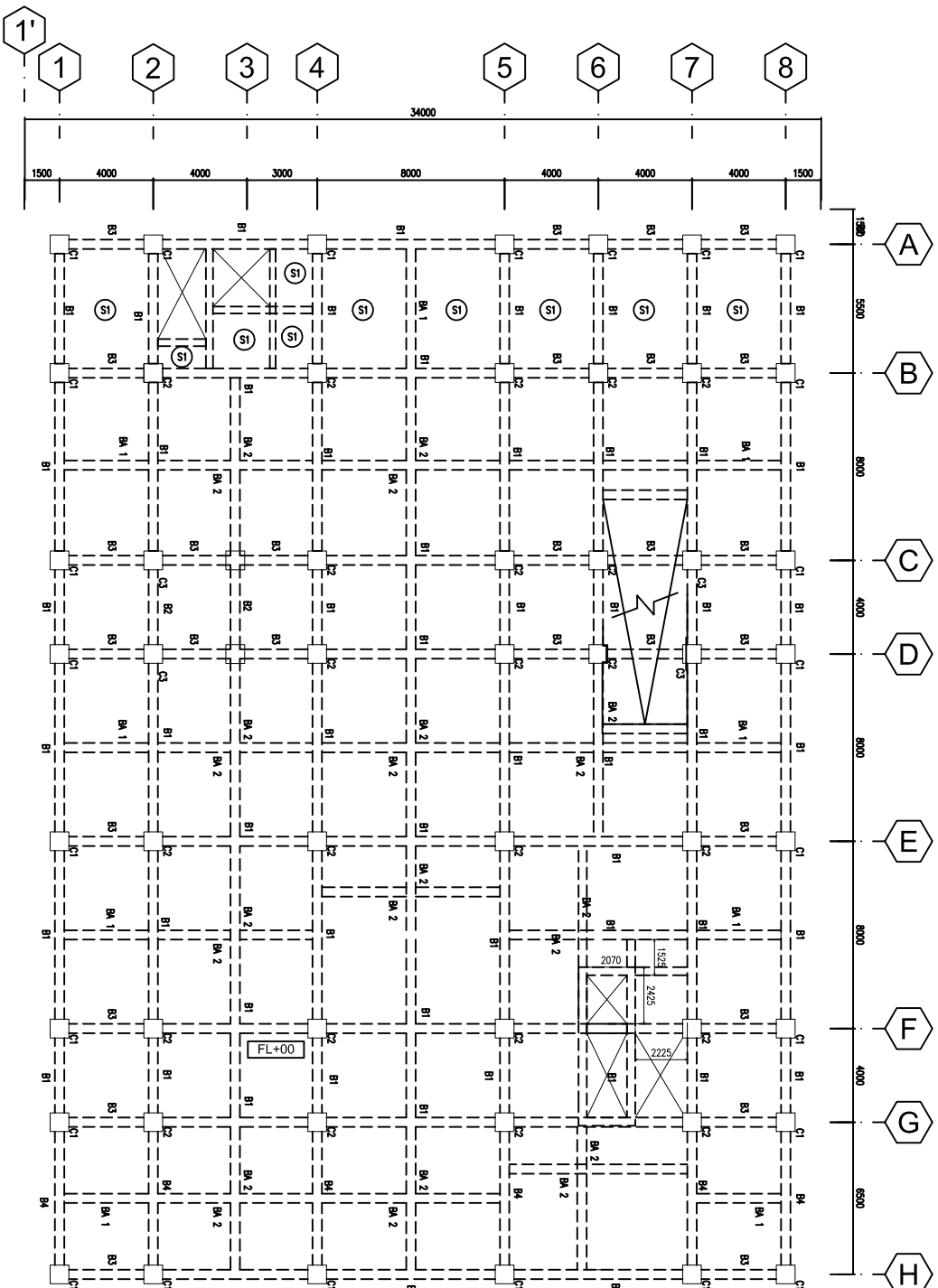
No. 5448032009

Fig

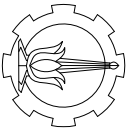


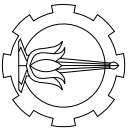

 DENAH KOLOM, BALOK & BASE ISOLATOR LANTAI INSPEKSI
 SKALA 1: 200

	JUDUL TUGAS	JUDUL GAMBAR	SKALA	ND. LEMBAR	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA/NRP MAHASISWA
	PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG BEST WESTERN DU HOTEL PADANG SUMATRA BARAT, DENGAN MENGGUNAKAN BASE ISOLATION HIGH DUMPING RUBBER BEARING (HDRB)	DENAH KOLOM, BALOK & BASE ISOLATOR LANTAI INSPEKSI	1 : 200	1	DATA IRANATA, ST. MT. PhD NIP. 1980043020050110022	ABID FARKHAN NRP. 3115105057
				JMLH LEMBAR		



DENAH KOLOM, BALOK & PELAT LANTAI DASAR
SKALA 1:200

	<p>JUDUL TUGAS</p>	<p>JUDUL GAMBAR</p>	<p>SKALA</p>	<p>NO. LEMBAR</p>	<p>NAMA DOSEN PEMBIMBING</p>	<p>NAMA/NRP MAHASISWA</p>
	<p>PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG BEST WESTERN DU HOTEL PADANG SUMATRA BARAT, DENGAN MENGGUNAKAN BASE ISOLATION HIGH DUMPING RUBBER BEARING (HDRB)</p>	<p>DENAH KOLOM, BALOK & PELAT LANTAI DASAR</p>	<p>1 : 200</p>	<p>2</p>	<p>DATA IRANATA, ST. MT. PhD NIP. 1980043020050110022</p>	<p>ABID FARKHAN NRP. 3115105057</p>



PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG BEST WESTERN DJ
HOTEL PADANG SUMATRA
BARAT, DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION HIGH
DUMPING RUBBER BEARING
(HDRB)

JUDUL TUGAS

JUDUL GAMBAR

SKALA

NO. LEMBAR

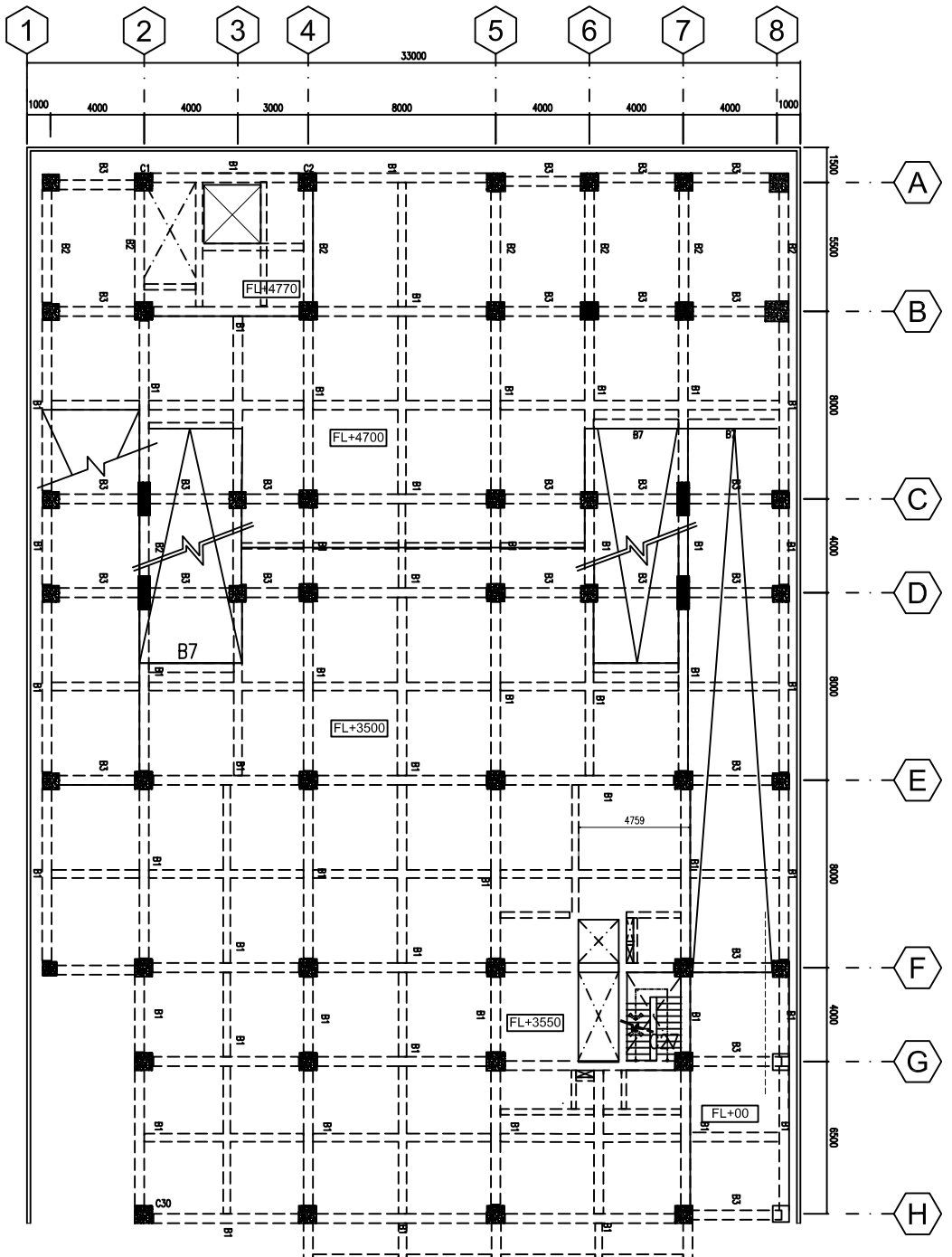
3

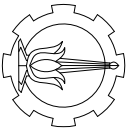
JMLH LEMBAR

NAMA DOSEN PEMBIMBING
DATA IRANATA, ST. MT. PhD
NIP. 1980043020050110022

NAMA/NRP MAHASISWA
ABID FARKHAN
NRP. 3115105057

DENAH KOLOM, BALOK & PELAT LANTAI 1
SKALA 1:200





PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG BEST WESTERN DU
HOTEL PADANG SUMATRA
BARAT, DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION HIGH
DUMPING RUBBER BEARING
(HDRB)

JUDUL TUGAS

JUDUL GAMBAR

SKALA

NO. LEMBAR

4

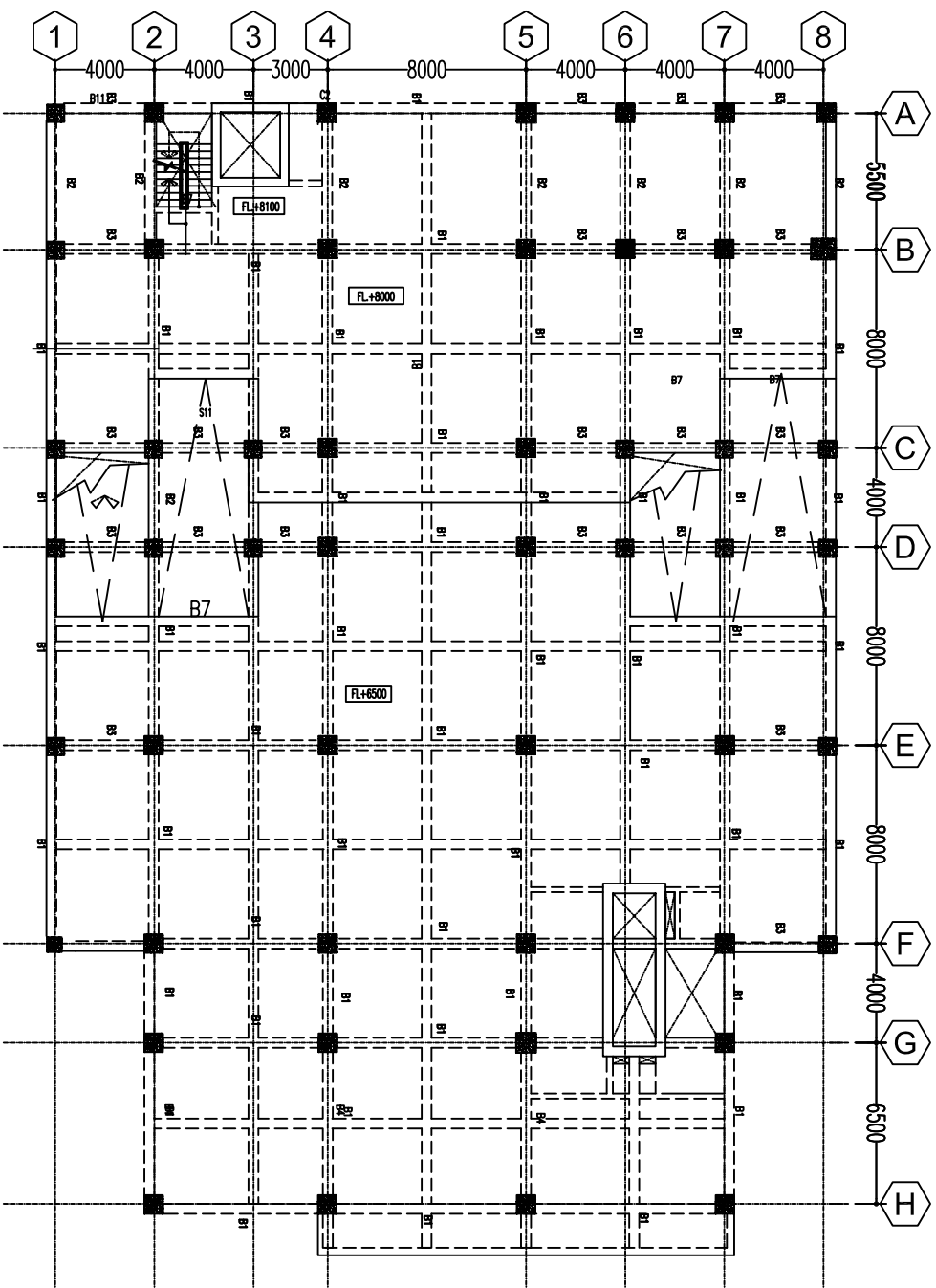
NAMA DOSEN PEMBIMBING

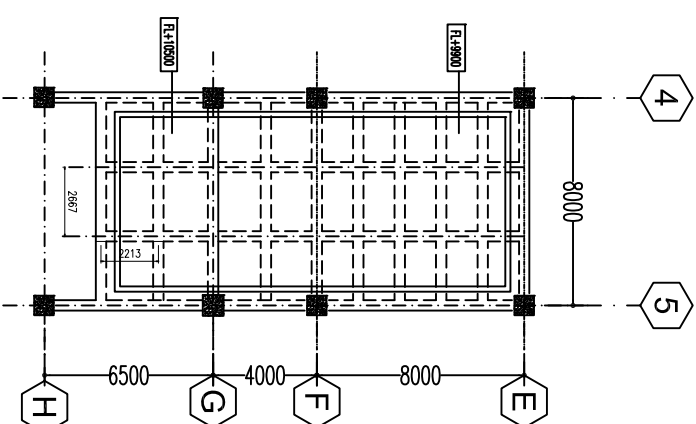
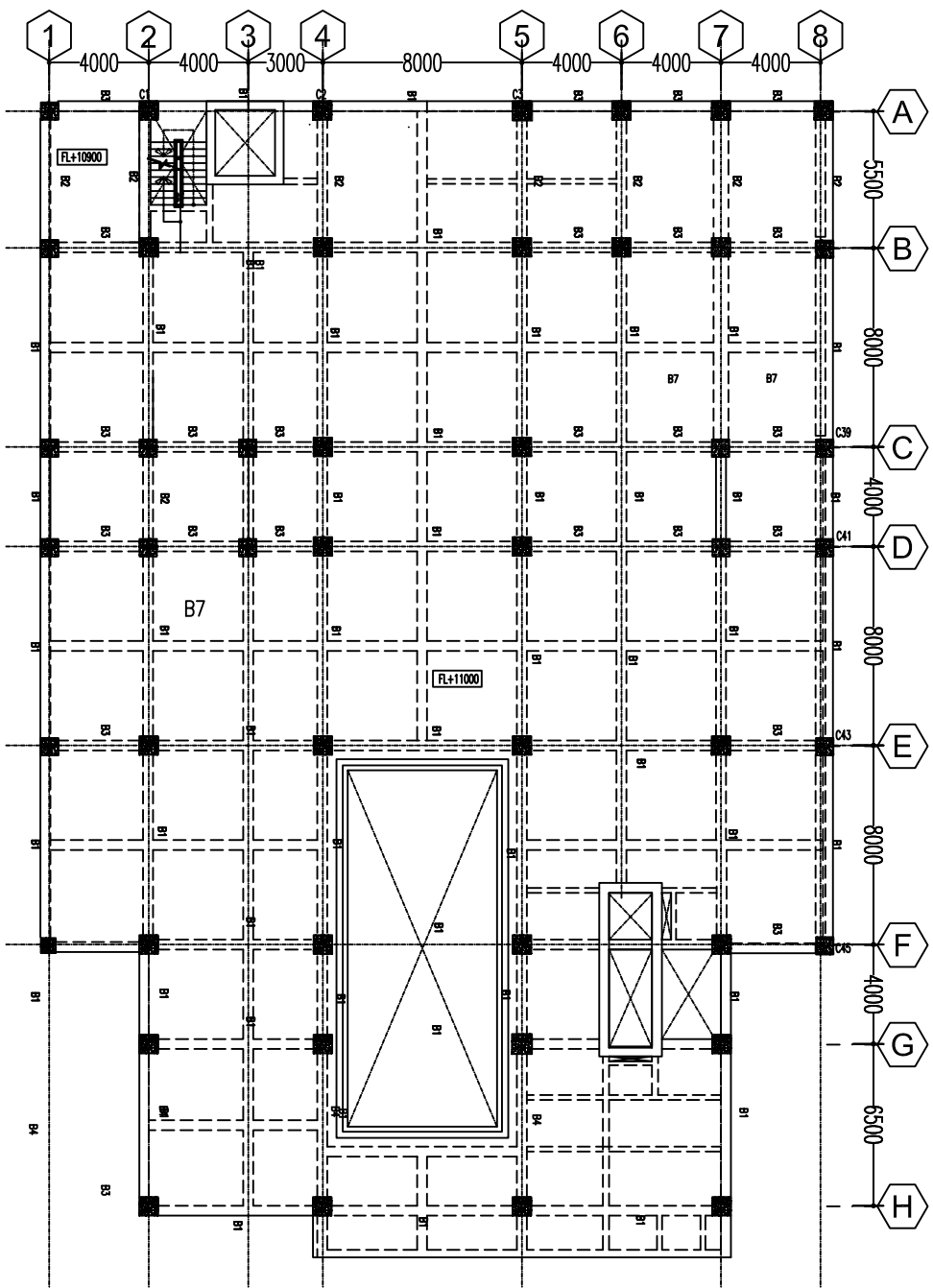
NAMA/NRP MAHASISWA

DATA IRANATA, ST. MT. PhD
NIP. 1980043020050110022

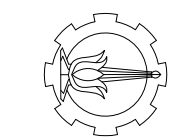
ABID FARKHAN
NRP. 3115105057

⊕
SKALA 1:200
DENAH KOLOM, BALOK & PELAT LANTAI 2

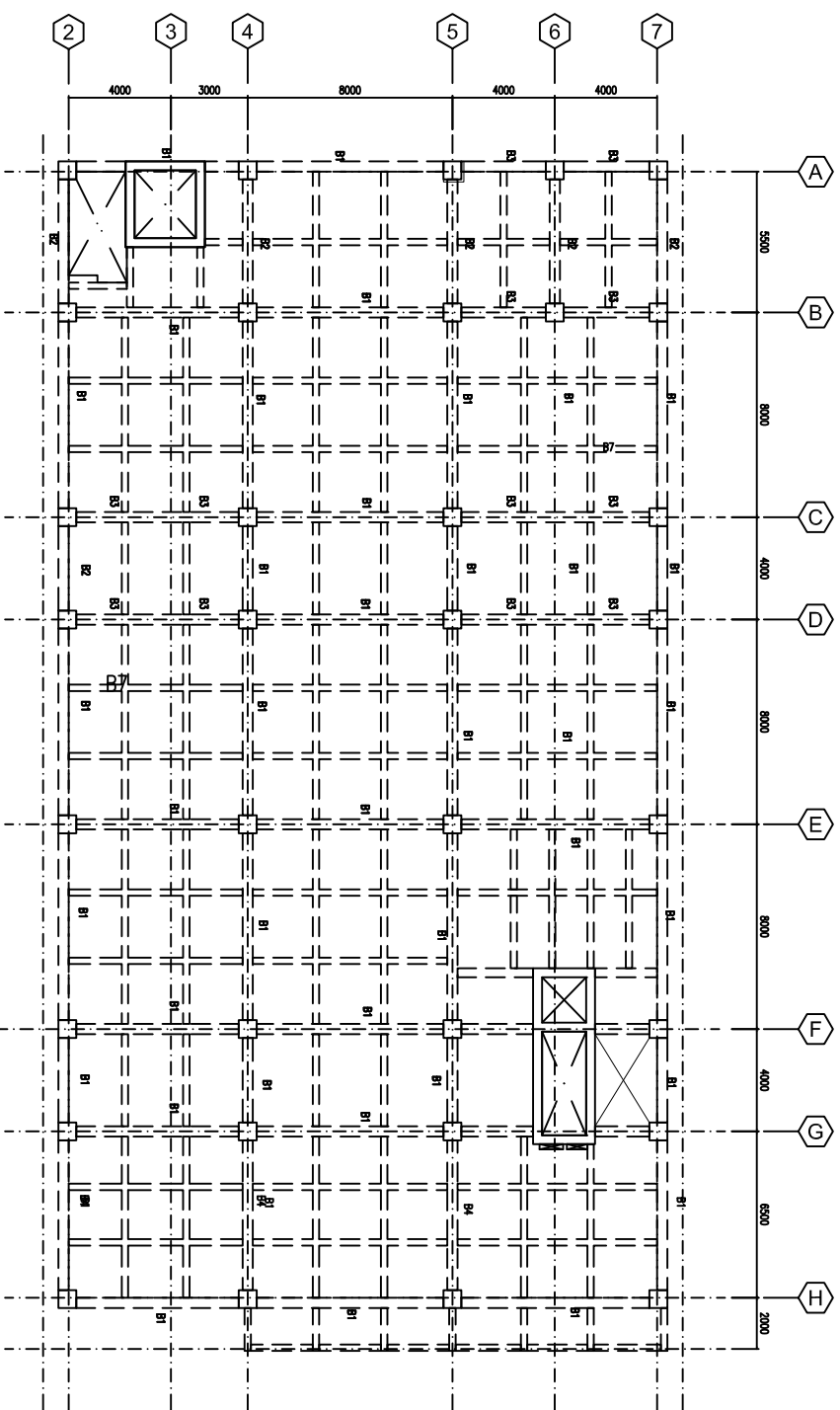






 DENAH KOLOM, BALOK & PELAT LANTAI 3
 SKALA 1: 200

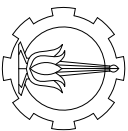


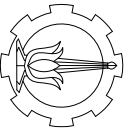
JUDUL TUGAS	JUDUL GAMBAR	SKALA	ND. LEMBAR	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA/NRP MAHASISWA
PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG BEST WESTERN DJ HOTEL PADANG SUMATRA BARAT, DENGAN MENGGUNAKAN BASE ISOLATION HIGH DUMPING RUBBER BEARING (HDRB)			5	DATA IRANATA, ST. MT. PhD NIP. 1980043020050110022	ABID FARKHAN NRP. 3115105057



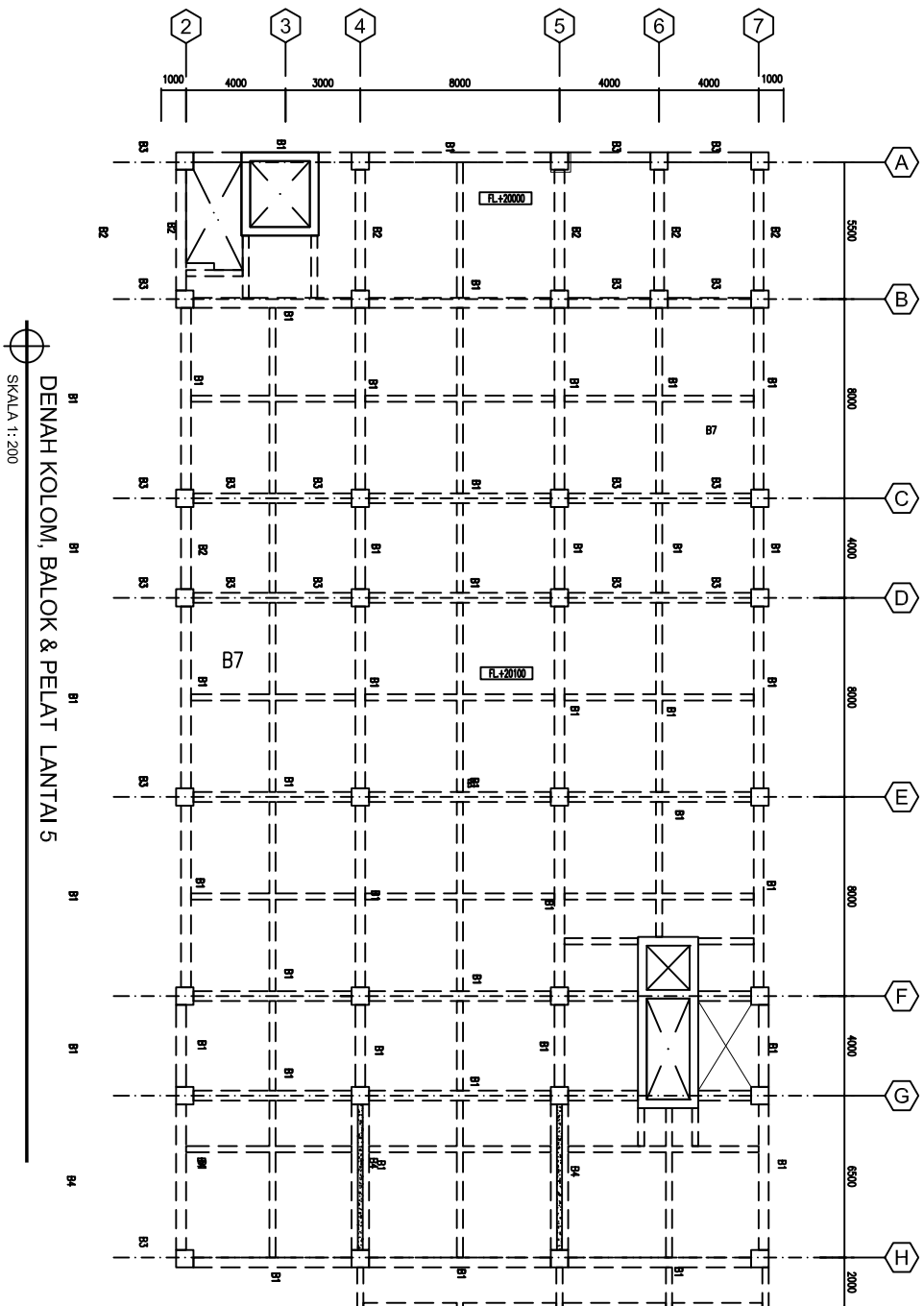

 DENAH KOLOM, BALOK & PELAT LANTAI 4
 SKALA 1: 200

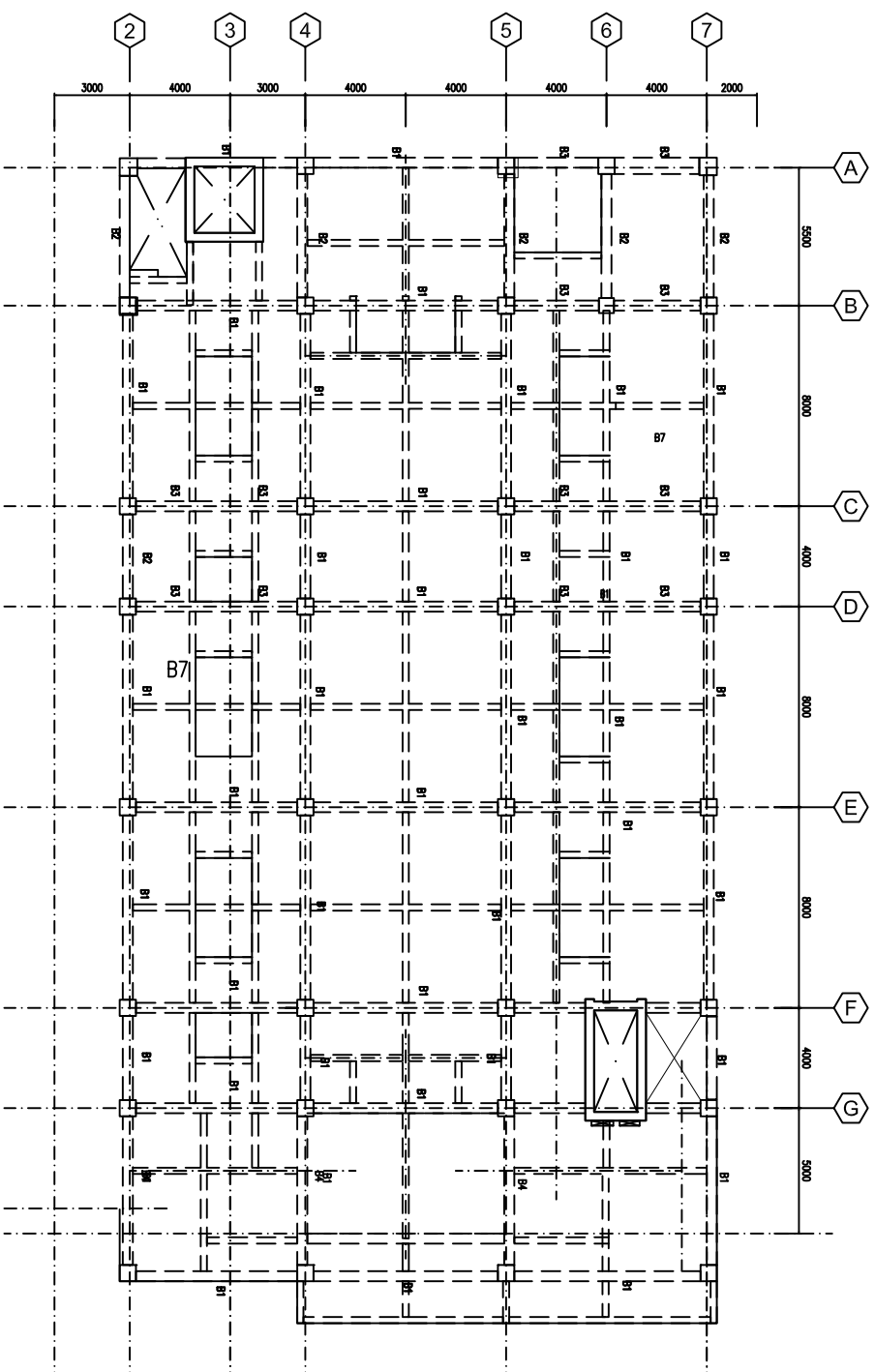
PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG BEST WESTERN DJ HOTEL PADANG SUMATRA BARAT, DENGAN MENGGUNAKAN BASE ISOLATION HIGH DUMPING RUBBER BEARING (HDRB)	JUDUL TUGAS	JUDUL GAMBAR	SKALA	NO. LEMBAR	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA/NRP MAHASISWA
				6 JMLH LEMBAR	DATA IRANATA, ST. MT. PhD NIP. 1980043020050110022	ABID FARKHAN NRP. 3115105057



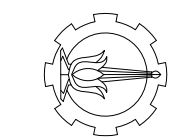


JUDUL TUGAS	JUDUL GAMBAR	SKALA	ND. LEMBAR	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA/NRP MAHASISWA
PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG BEST WESTERN DJ HOTEL PADANG SUMATRA BARAT, DENGAN MENGGUNAKAN BASE ISOLATION HIGH DUMPING RUBBER BEARING (HDRB)			7	DATA IRANATA, ST. MT. PhD NIP. 1980043020050110022	ABID FARKHAN NRP. 3115105057
			JMLH LEMBAR		

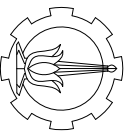





DENAH KOLOM, BALOK & PELAT LANTAI 6
 SKALA 1: 200

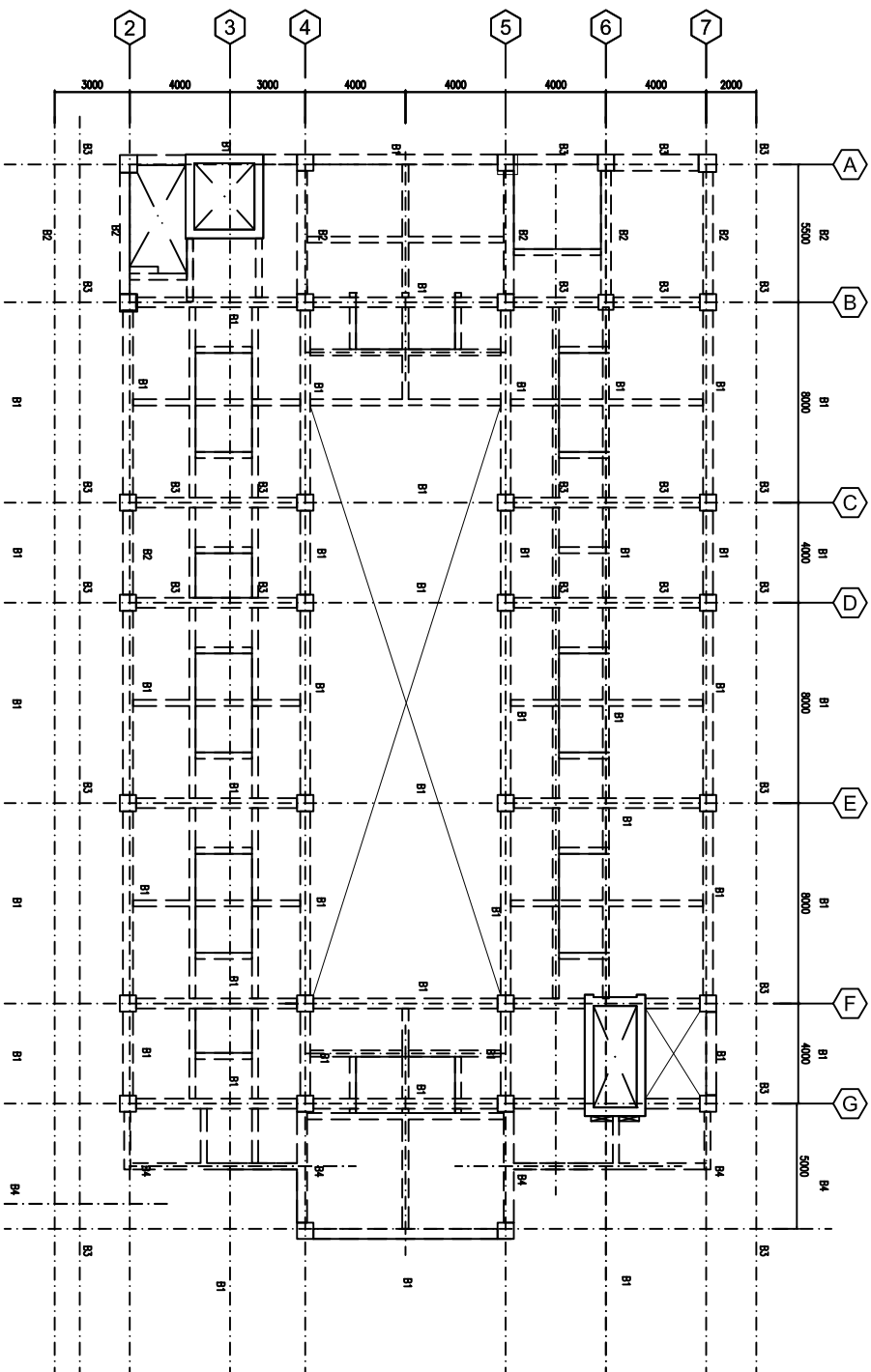


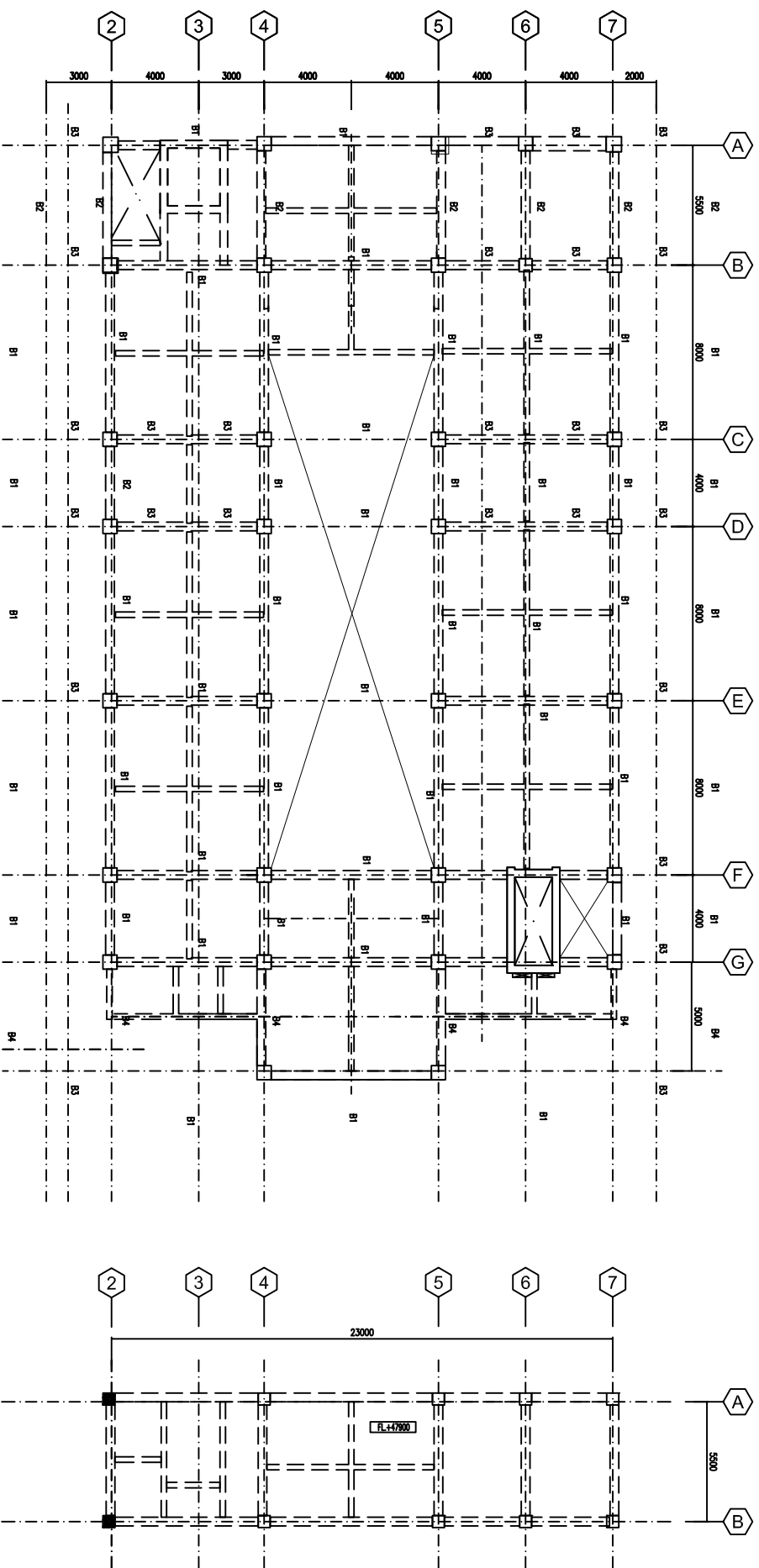
JUDUL TUGAS	JUDUL GAMBAR	SKALA	ND. LEMBAR	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA/NRP MAHASISWA
PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG BEST WESTERN DI HOTEL PADANG SUMATRA BARAT, DENGAN MENGGUNAKAN BASE ISOLATION HIGH DUMPING RUBBER BEARING (HDRB)			8	DATA IRANATA, ST. MT. PhD NIP. 1980043020050110022	ABID FARKHAN NRP. 3115105057
			JMLH LEMBAR		



JUDUL TUGAS	JUDUL GAMBAR	SKALA	NO. LEMBAR	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA/NRP MAHASISWA
PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG BEST WESTERN DJ HOTEL PADANG SUMATRA BARAT, DENGAN MENGGUNAKAN BASE ISOLATION HIGH DUMPING RUBBER BEARING (HDRB)			9	DATA IRANATA, ST. MT. PhD NIP. 1980043020050110022	ABID FARKHAN NRP. 3115105057
			JMLH LEMBAR		

DENAH KOLOM, BALOK & PELAT LANTAI 7-10
SKALA 1:200

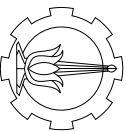


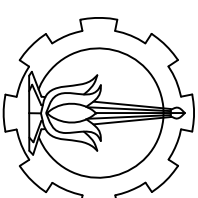


DENAH BALOK & PELAT LANTAI ATAP

SKALA 1:200

JUDUL TUGAS	JUDUL GAMBAR	SKALA	ND. LEMBAR	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA/NRP MAHASISWA
PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG BEST WESTERN DJ HOTEL PADANG SUMATRA BARAT, DENGAN MENGGUNAKAN BASE ISOLATION HIGH DUMPING RUBBER BEARING (HDRB)			10	DATA IRANATA, ST. MT. PhD NIP. 1980043020050110022	ABID FARKHAN NRP. 3115105057





PROGRAM S-1 LJ
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG BEST WESTERN DJ
HOTEL PADANG SUMATRA
BARAT, DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION HIGH
DUMPING RUBBER BEARING
(HDRB)''

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST. MT. PhD
NIP. 1980043020050110022

MAHASISWA

ABID FARKHAN
NRP 3115105057

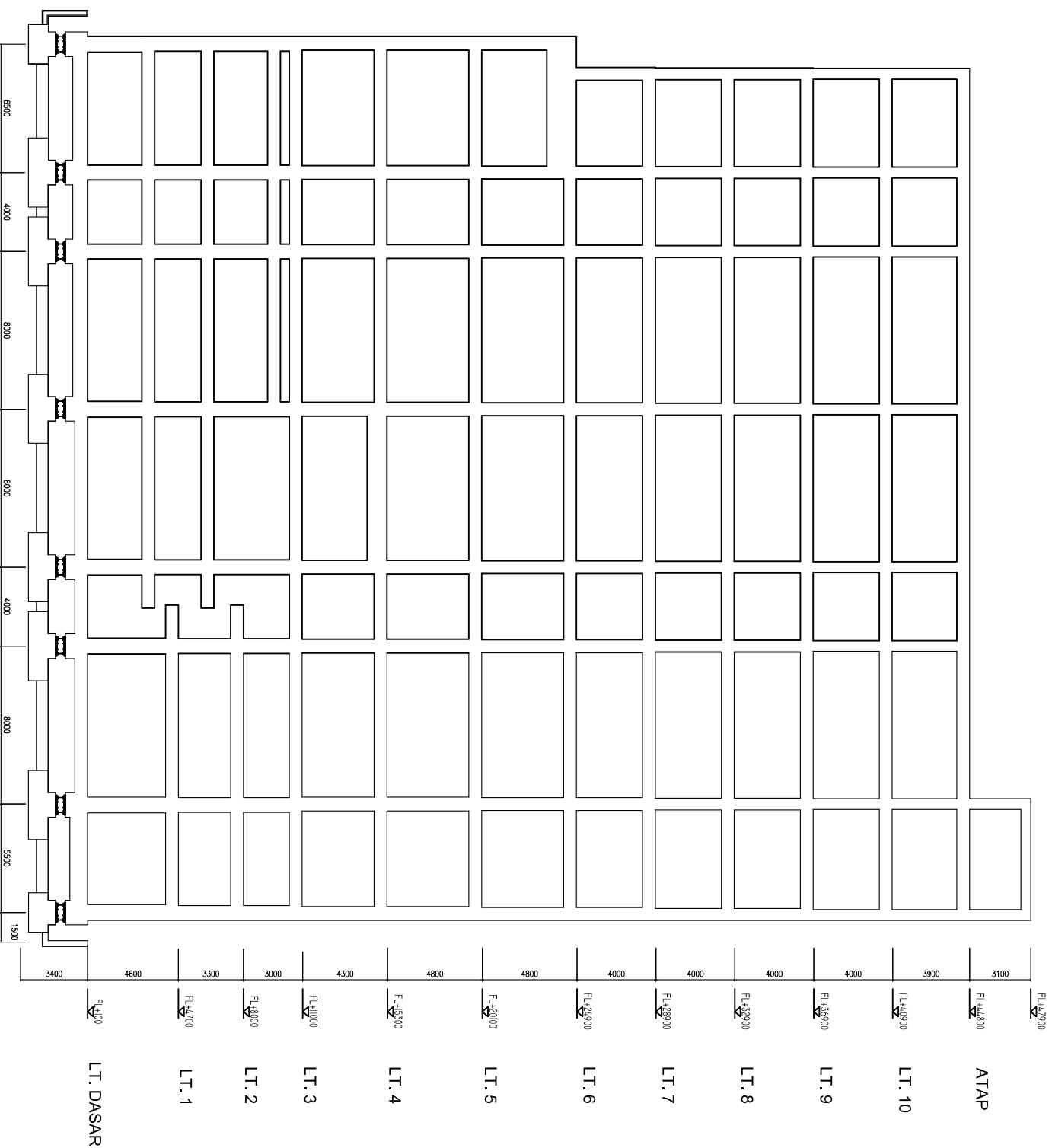
JUDUL GAMBAR

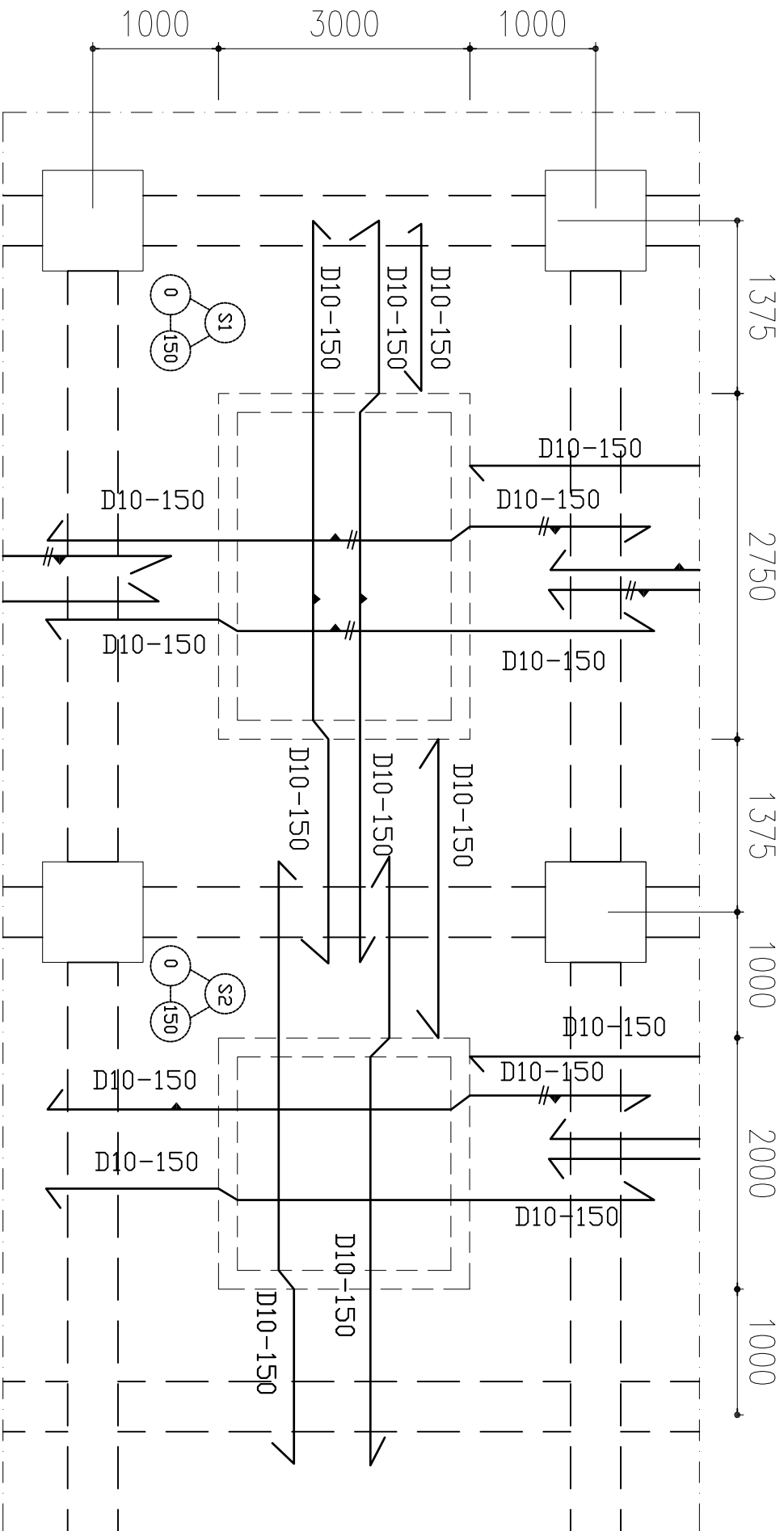
SKALA

NOMOR GAMBAR

1 1

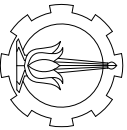
CATATAN

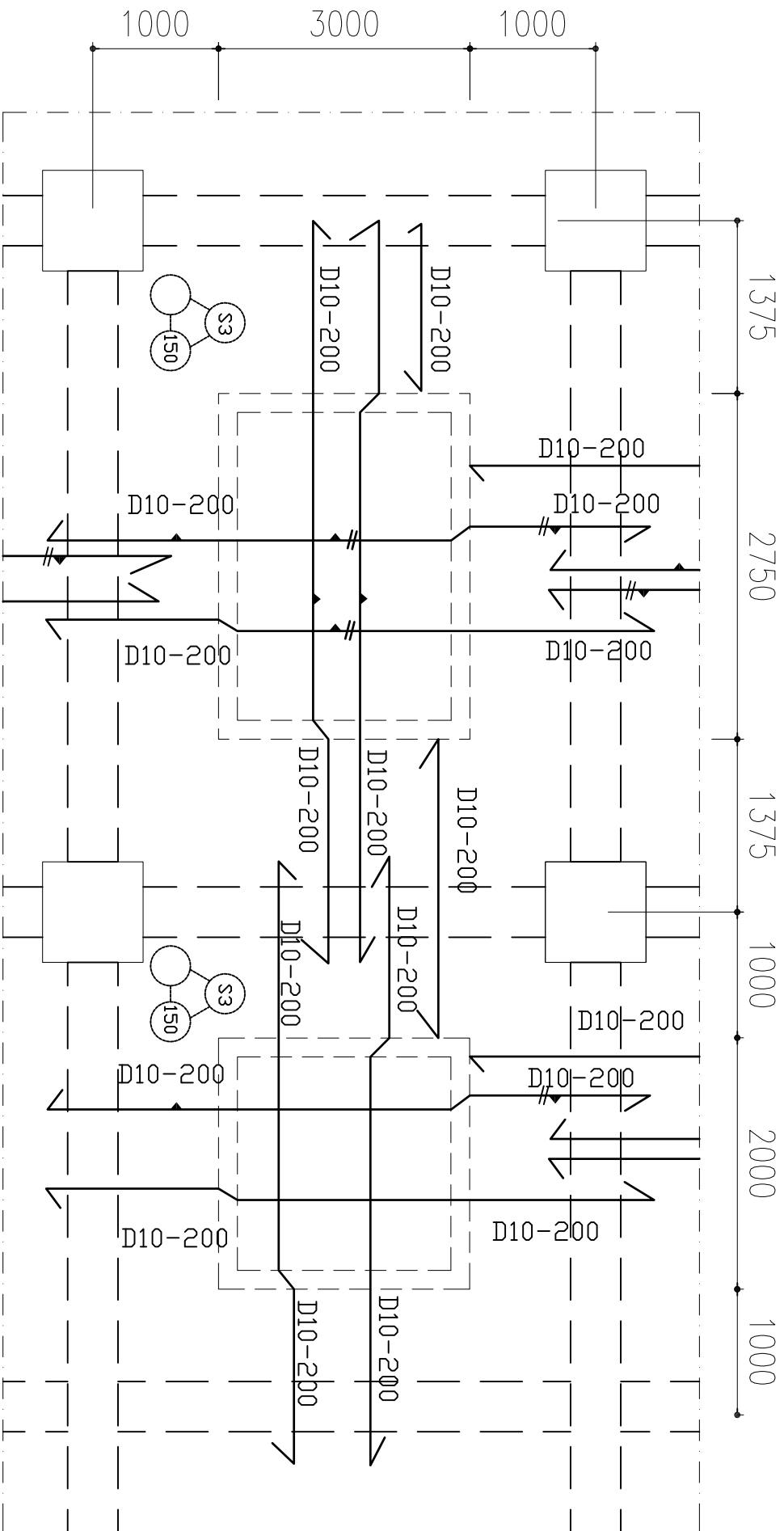




DETAIL PELAT S1 DAN S2
SKALA 1:75

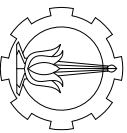
JUDUL TUGAS	JUDUL GAMBAR	SKALA	NO. LEMBAR	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA/NRP MAHASISWA
PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG BEST WESTERN DI HOTEL PADANG SUMATRA BARAT, DENGAN MENGGUNAKAN BASE ISOLATION HIGH DUMPING RUBBER BEARING (HDRB)			12	DATA IRANATA, ST. MT. PhD NIP. 1980043020050110022	ABID FARKHAN NRP. 3115105057

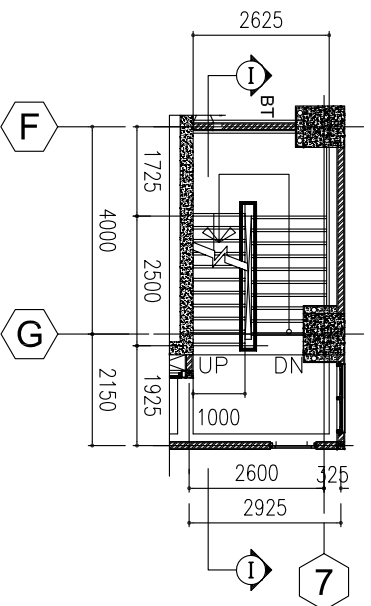




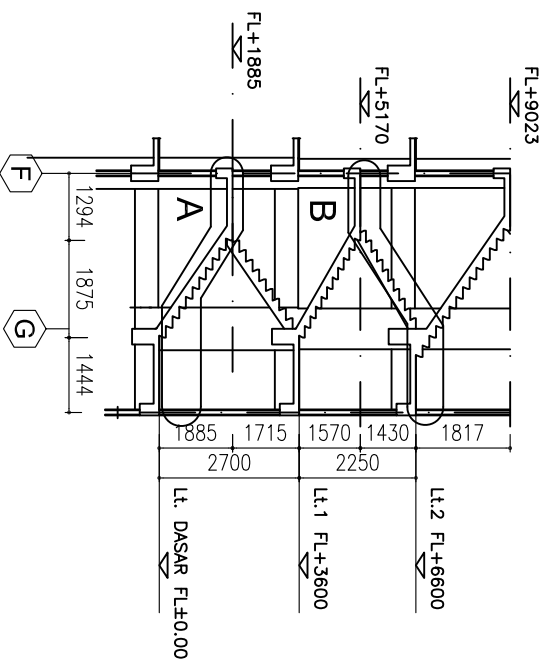
DETAIL PELAT ATAP
SKALA 1:75

JUDUL TUGAS	JUDUL GAMBAR	SKALA	NO. LEMBAR	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA/NRP MAHASISWA
PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG BEST WESTERN DI HOTEL PADANG SUMATRA BARAT, DENGAN MENGGUNAKAN BASE ISOLATION HIGH DUMPING RUBBER BEARING (HDRB)			13	DATA IRANATA, ST. MT. PhD NIP. 1980043020050110022	ABID FARKHAN NRP. 3115105057





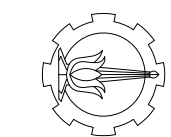
DENAH TANGGA
SKALA 1:200



POTONGAN 1-1
SKALA 1:200

BALOK	TULANGAN		
	TUMPUAN (KIRI)	LAPANGAN	TUMPUAN (KANAN)
BT			
UKURAN BALOK	250x400		
TULANGAN ATAS	2D16	2D16	2D16
TULANGAN BAWAH	2D16	2D16	2D16
TUL. PINGGANG	-	-	-
SENGKANG	D8-150	D8-150	D8-150

DETAIL BALOK BORDES
SKALA 1:25



JUDUL TUGAS
PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG BEST WESTERN DJ
HOTEL PADANG SUMATRA
BARAT, DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION HIGH
DUMPING RUBBER BEARING
(HDRB)

JUDUL GAMBAR

SKALA

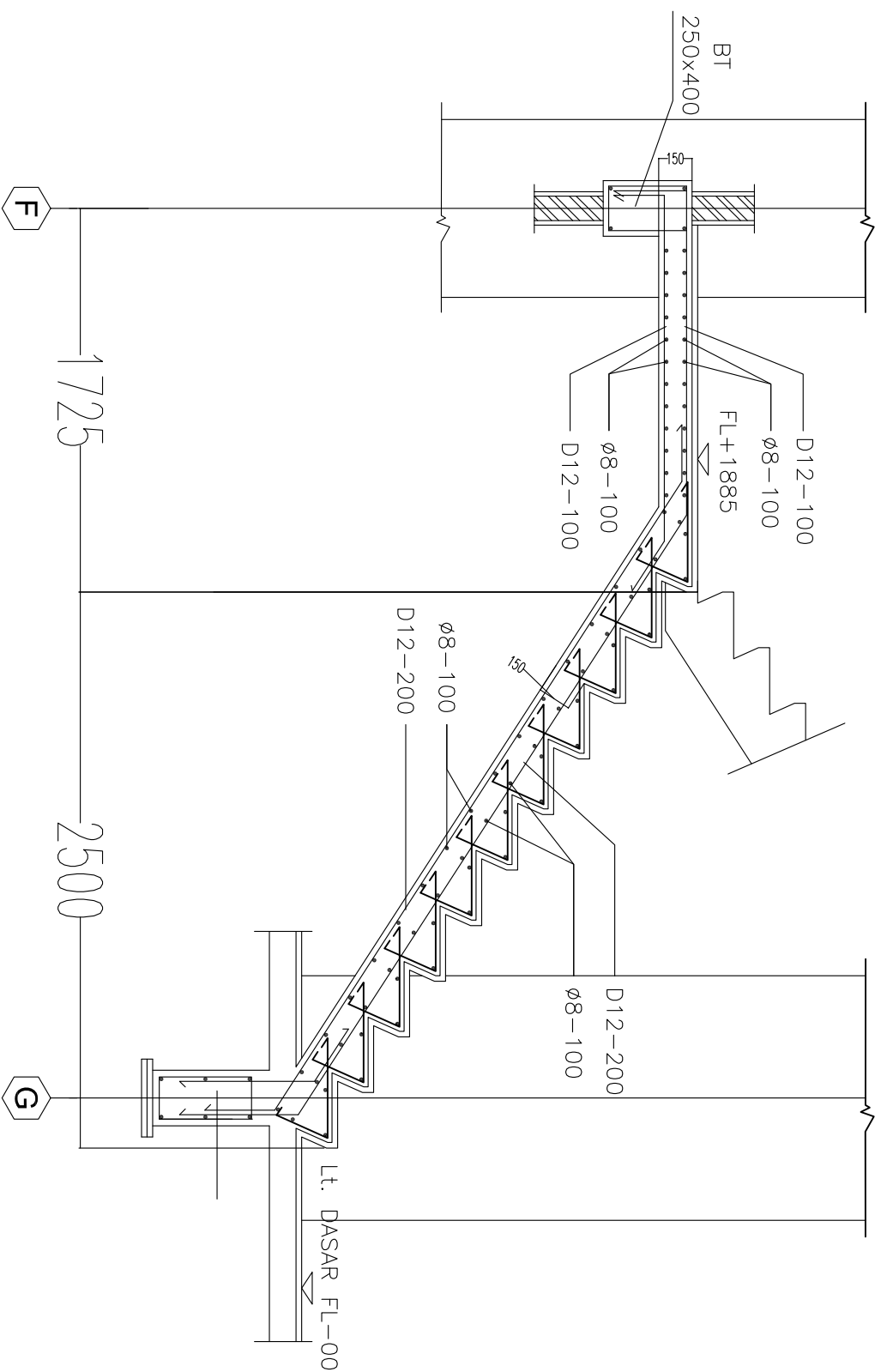
ND. LEMBAR

14

JMLH LEMBAR

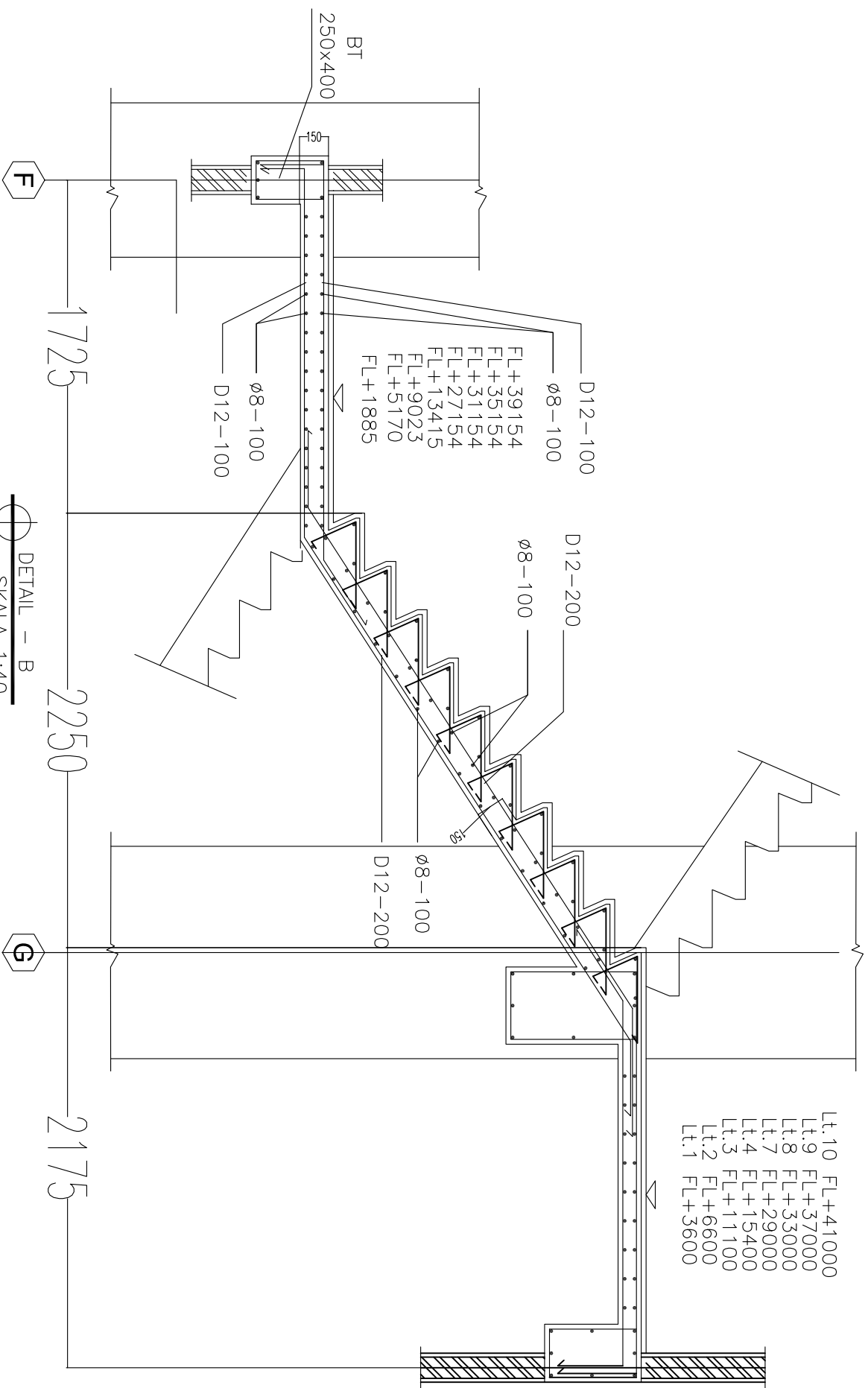
NAMA DOSEN PEMBIMBING
DATA IRANATA, ST. MT. PhD
NIP. 1980043020050110022

NAMA/NRP MAHASISWA
ABID FARKHAN
NRP. 3115105057



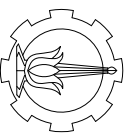
DETAIL - A
SKALA 1:40

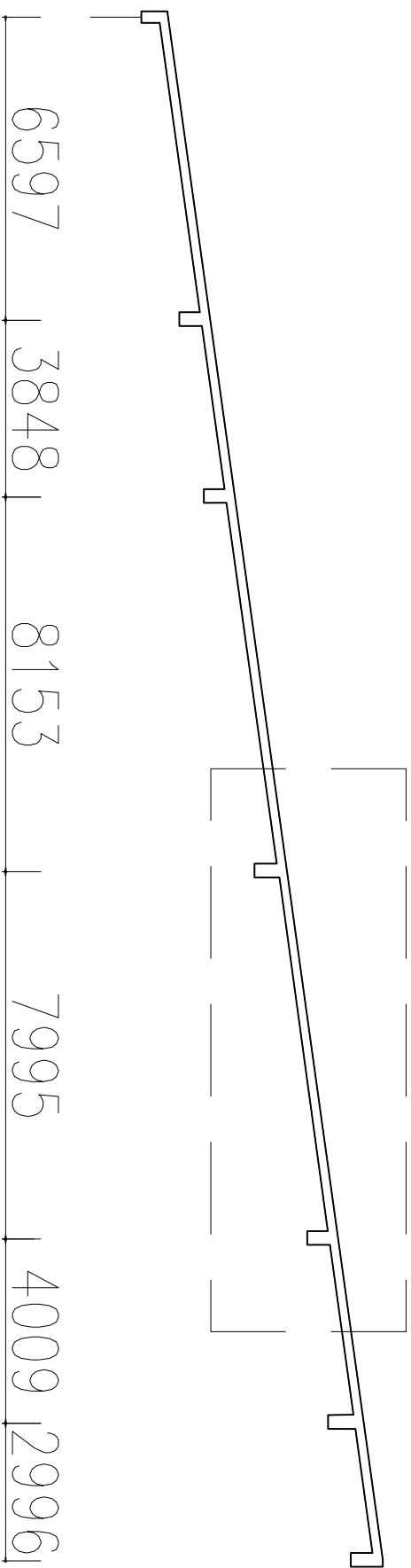
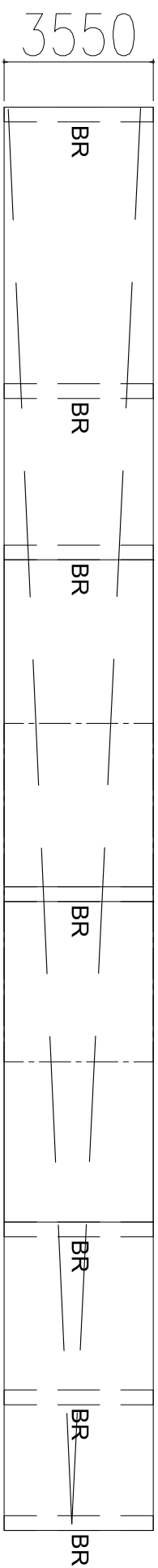
	JUDUL TUGAS	JUDUL GAMBAR	SKALA	NO. LEMBAR	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA/NRP MAHASISWA
	PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG BEST WESTERN DI HOTEL PADANG SUMATRA BARAT, DENGAN MENGGUNAKAN BASE ISOLATION HIGH DUMPING RUBBER BEARING (HDRB)			15	DATA IRANATA, ST. MT. PhD NIP. 1980043020050110022	ABID FARKHAN NRP. 3115105057
				JMLH LEMBAR		



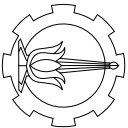
DETAIL - B
SKALA 1:40

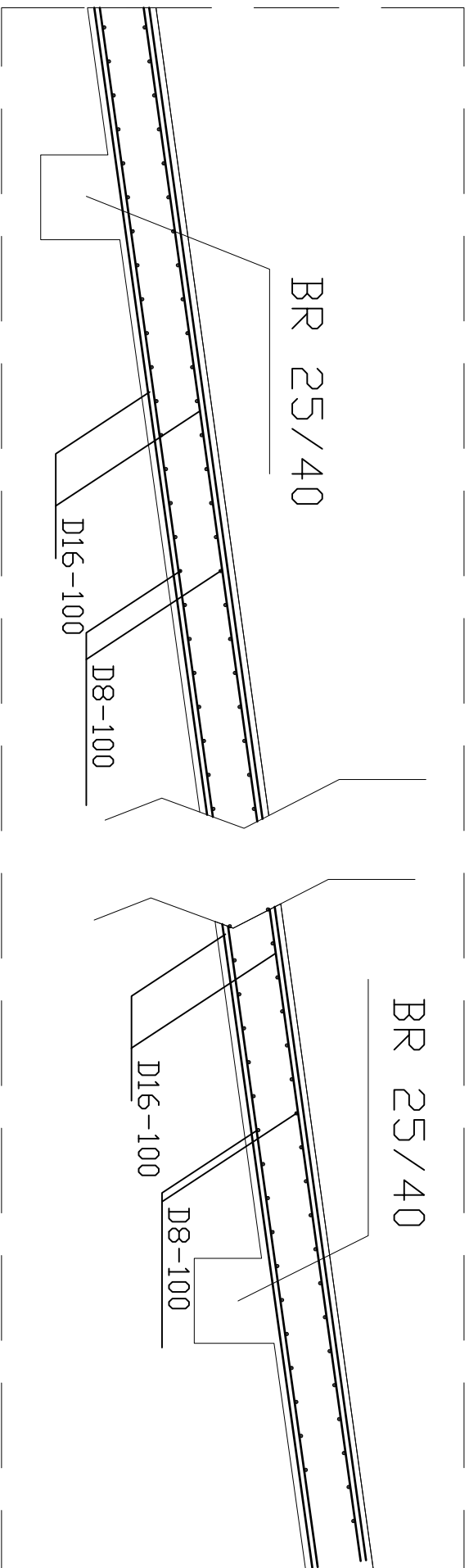
PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG BEST WESTERN DU HOTEL PADANG SUMATRA BARAT, DENGAN MENGGUNAKAN BASE ISOLATION HIGH DUMPING RUBBER BEARING (HDBB)	JUDUL TUGAS	JUDUL GAMBAR	SKALA	NO. LEMBAR	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA/NRP MAHASISWA
				16	DATA IRANATA, ST. MT. PhD NIP. 1980043020050110022	ABID FARKHAN NRP. 3115105057





DESAIN RAMP
SKALA 1:200

	JUDUL TUGAS	JUDUL GAMBAR	SKALA	NO. LEMBAR	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA/NRP MAHASISWA
	PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG BEST WESTERN DI HOTEL PADANG SUMATRA BARAT, DENGAN MENGGUNAKAN BASE ISOLATION HIGH DUMPING RUBBER BEARING (HDRB)			17	DATA IRANATA, ST. MT. PhD NIP. 1980043020050110022	ABID FARKHAN NRP. 3115105057
				JMLH LEMBAR		

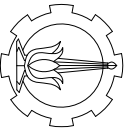


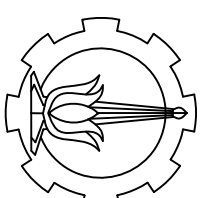
DETAIL RAMP
SKALA 1:25

BALOK	TULANGAN	
	TUMPUAN	LAPANGAN
BR		
	UKURAN BALOK	250x400
	TULANGAN ATAS	5D16
	TULANGAN BAWAH	3D16
	TUL. PINGGANG	-
SENGKANG	D8-150	D8-150

DETAIL BALOK RAMP
SKALA 1:50

JUDUL TUGAS	JUDUL GAMBAR	SKALA	ND. LEMBAR	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA/NRP MAHASISWA
PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG BEST WESTERN DI HOTEL PADANG SUMATRA BARAT, DENGAN MENGGUNAKAN BASE ISOLATION HIGH DUMPING RUBBER BEARING (HDRB)			18	DATA IRANATA, ST. MT. PhD NIP. 1980043020050110022	ABID FARKHAN NRP. 3115105057
			JMLH LEMBAR		





PROGRAM S-1 LJ
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG BEST WESTERN DJ
HOTEL PADANG SUMATRA
BARAT, DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION HIGH
DUMPING RUBBER BEARING
(HDRB)

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST. MT, PhD
NIP. 1980043020050110022

MAHASISWA

ABID FARKHAN
NRP 3115105057

JUDUL GAMBAR

SKALA

NOMOR GAMBAR

19

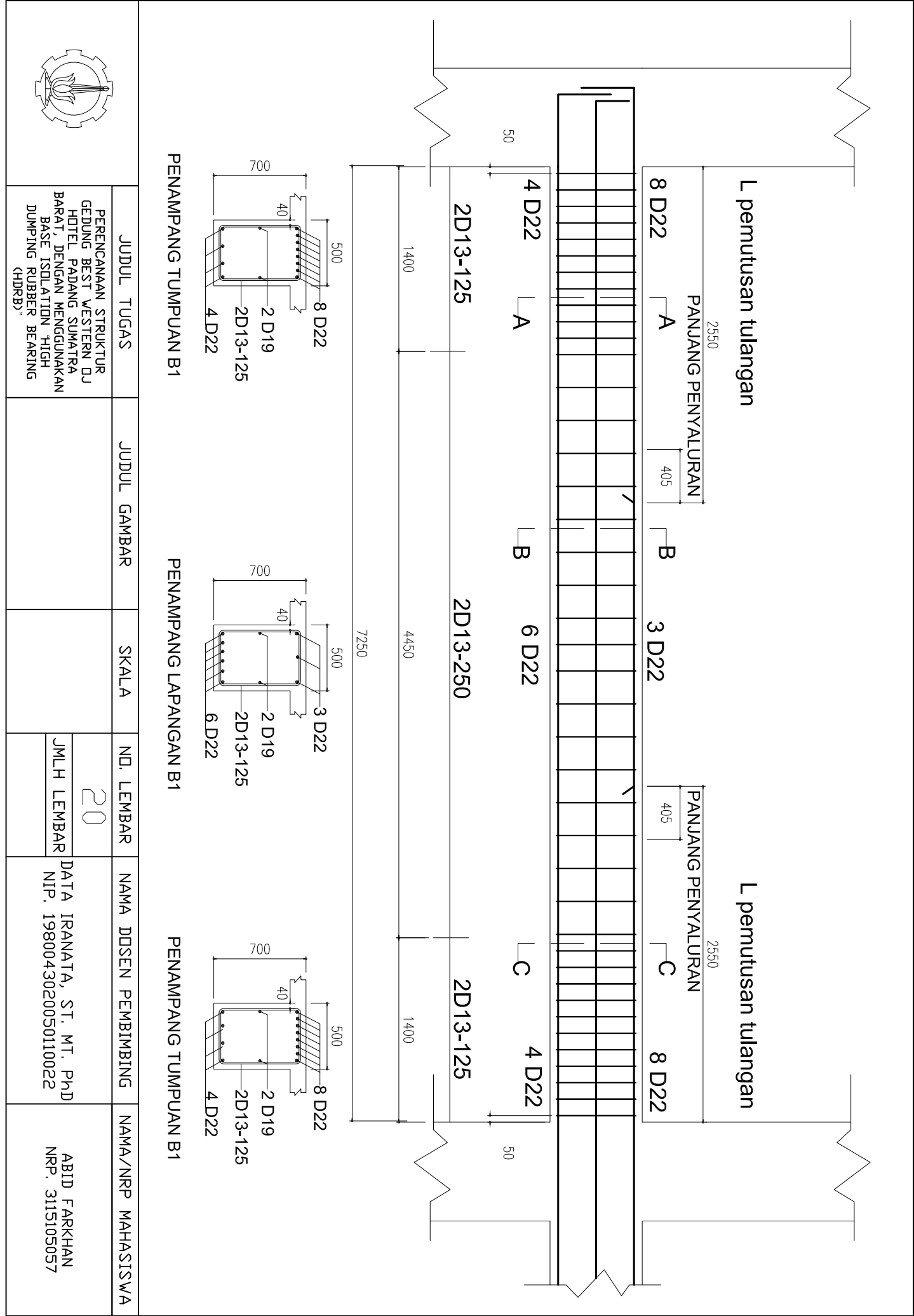
CATATAN

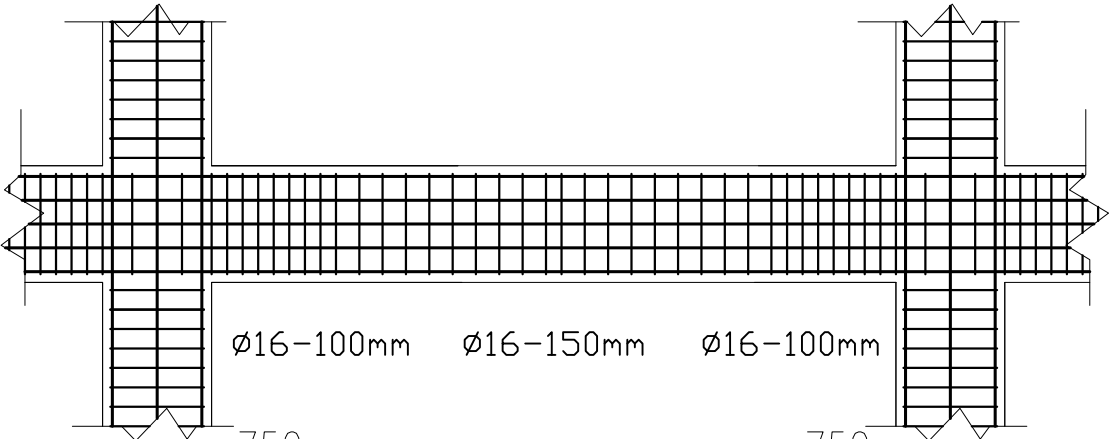
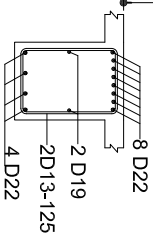
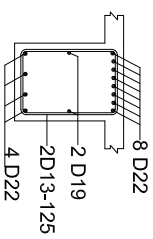
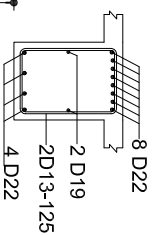
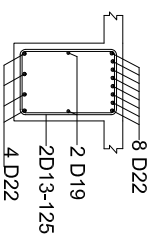
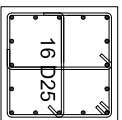
BALOK	TULANGAN			BALOK	TULANGAN		
	TUMPUAN (KIRI)	LAPANGAN	TUMPUAN (KANAN)		TUMPUAN (KIRI)	LAPANGAN	TUMPUAN (KANAN)
BA 1				BA 3			
	450	300	450		400	300	400
	300	300	300		300	300	300
	400	400	400		400	400	400
BALOK	TULANGAN			BALOK	TULANGAN		
	TUMPUAN (KIRI)	LAPANGAN	TUMPUAN (KANAN)		TUMPUAN (KIRI)	LAPANGAN	TUMPUAN (KANAN)
	300	300	300		400	400	400
	400	400	400		600	600	600
BA 2				BL			
	400	300	400		600	400	600
	300	300	300		400	400	400
	400	400	400		600	600	600
UKURAN BALOK 300x450				UKURAN BALOK 400x600			
TULANGAN ATAS	4D19	2D19	4D19	TULANGAN ATAS	4D22	3D22	4D22
TULANGAN BAWAH	2D19	3D19	2D19	TULANGAN BAWAH	3D22	4D22	3D22
TUL. PINGGANG	-	-	-	TUL. PINGGANG	-	-	-
SENGKANG	D10-200	D10-200	D10-200	SENGKANG	D10-150	D10-150	D10-150

DETAIL BALOK SEKUNDER
SKALA 1:50

LOKASI	LT DASAR - LT 6	LT 7 - LT ATAP	LT DASAR - LT 6
PENAMPANG			
	750	600	1000
	750	600	1000
	750	600	1000
	750	600	1000
DIMENSI	750 x 750	600 x 600	1000 x 1000
TULANGAN UTAMA	16 D25	12 D25	24 D25
SENGKANG PADA LO	3 D16 - 100	3 D16 - 100	3 D16 - 100
SENGKANG LUAR LO	3 D16 - 150	3 D16 - 150	3 D16 - 150

DETAIL KOLOM
SKALA 1:50





Ø16-100mm Ø16-150mm Ø16-100mm

750

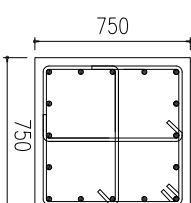
2900

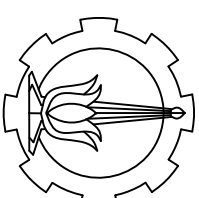
750



DETAIL PENULANGAN KOLOM

SKALA 1:75

LOKASI	LI DASAR - LI 6
PENAMPANG	
	750
DIMENSI	750 x 750
TULANGAN UTAMA	16 D25
SENGKANG PADA L0	Ø16 - 100
SENGKANG LUAR L0	Ø16 - 150



PROGRAM S-1 LJ
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG BEST WESTERN DJ
HOTEL PADANG SUMATRA
BARAT, DENGAN MENGGUNAKAN
BASE ISOLATION "HIGH
DUMPING RUBBER BEARING
(HDRB)"

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST. MT. PhD
NIP. 1980043020050110022

MAHASISWA

ABID FARKHAN
NRP 3115105057

JUDUL GAMBAR

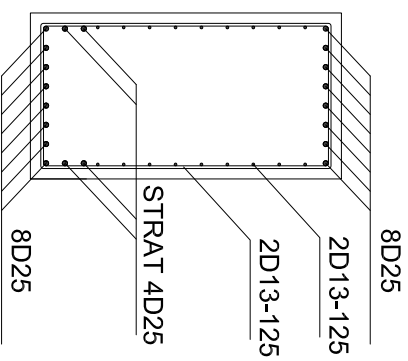
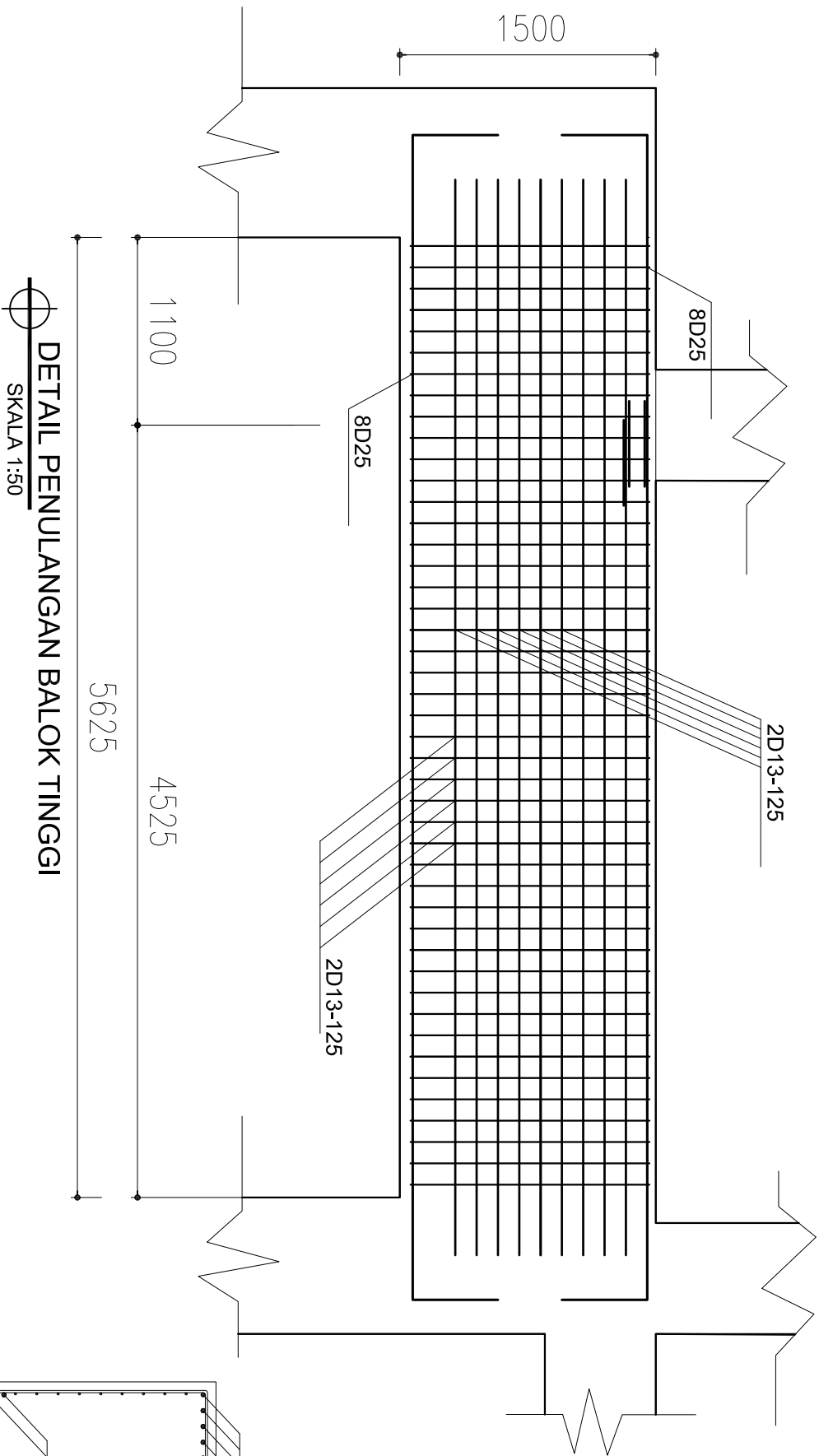
DETAIL KOLOM

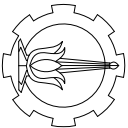
SKALA

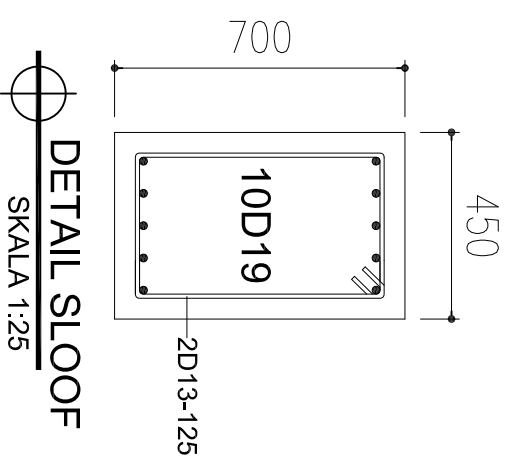
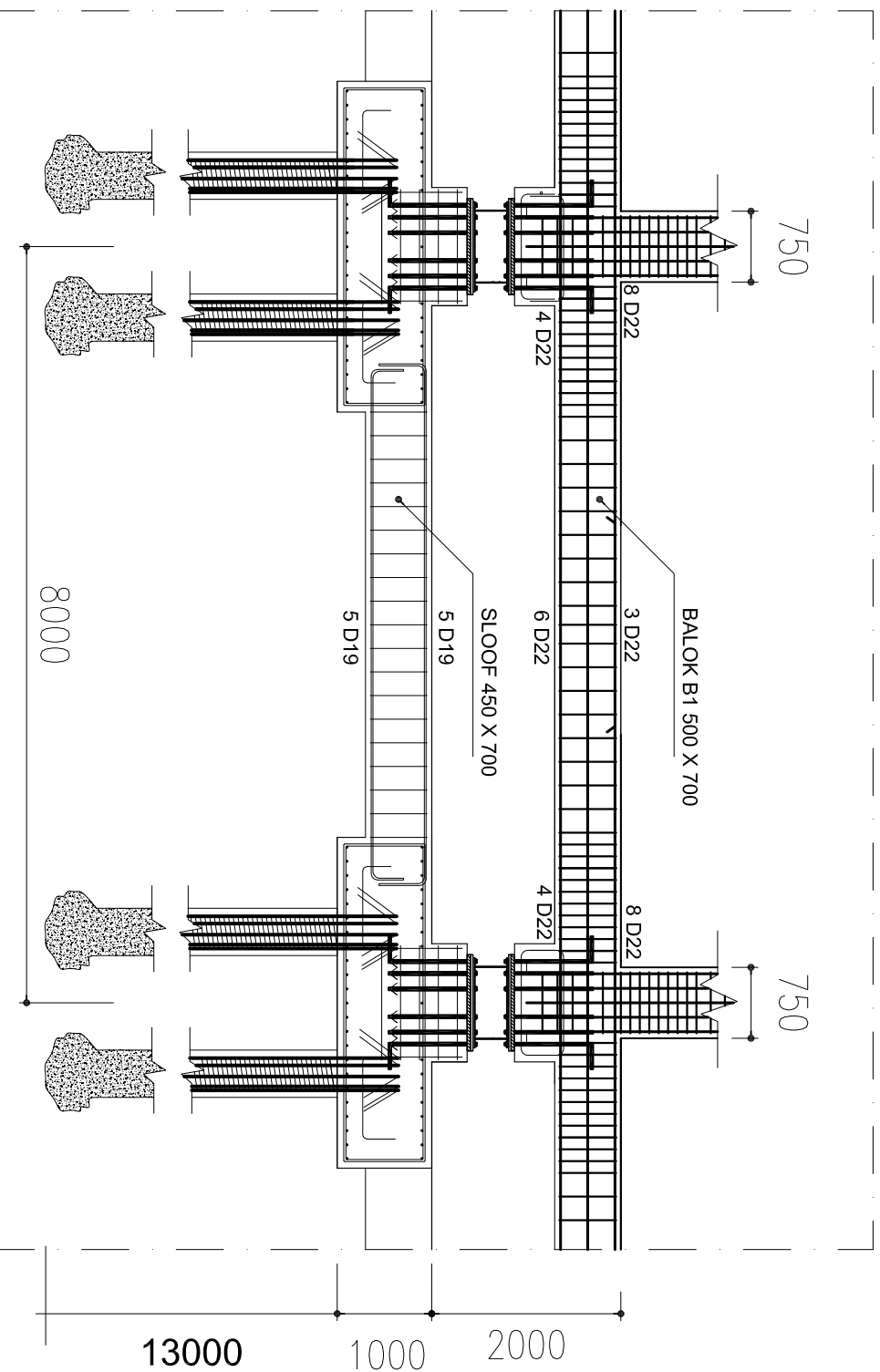
NOMOR GAMBAR

21

CATATAN



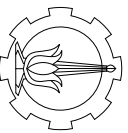
	JUDUL TUGAS	JUDUL GAMBAR	SKALA	NO. LEMBAR	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA/NRP MAHASISWA
	PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG BEST WESTERN DI HOTEL PADANG SUMATRA BARAT, DENGAN MENGGUNAKAN BASE ISOLATION HIGH DUMPING RUBBER BEARING (HDRB)			22	DATA IRANATA, ST. MT. PhD NIP. 1980043020050110022	ABID FARKHAN NRP. 3115105057

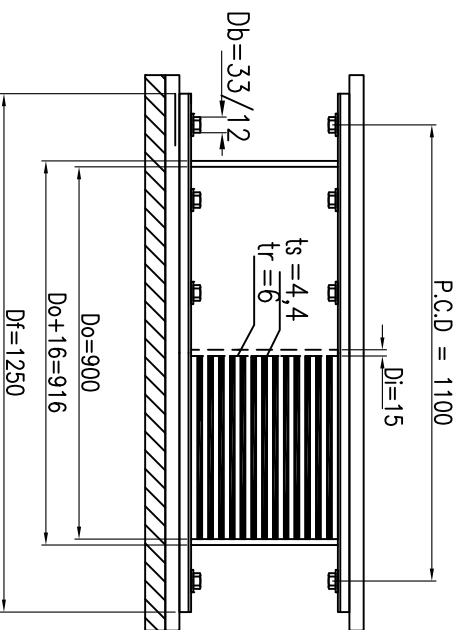


DETAIL GROUND BASE

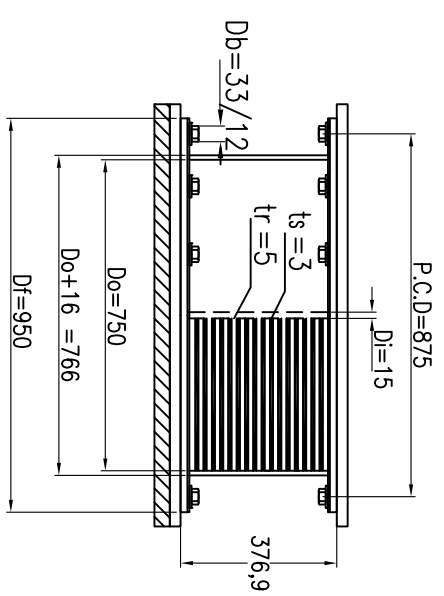
SKALA 1:100

JUDUL TUGAS	JUDUL GAMBAR	SKALA	NO. LEMBAR	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA/NRP MAHASISWA
PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG BEST WESTERN DI HOTEL PADANG SUMATRA BARAT, DENGAN MENGGUNAKAN BASE ISOLATION HIGH DUMPING RUBBER BEARING (HDRB)			23	DATA IRANATA, ST. MT. PhD NIP. 1980043020050110022	ABID FARKHAN NRP. 3115105057



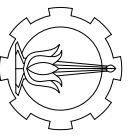


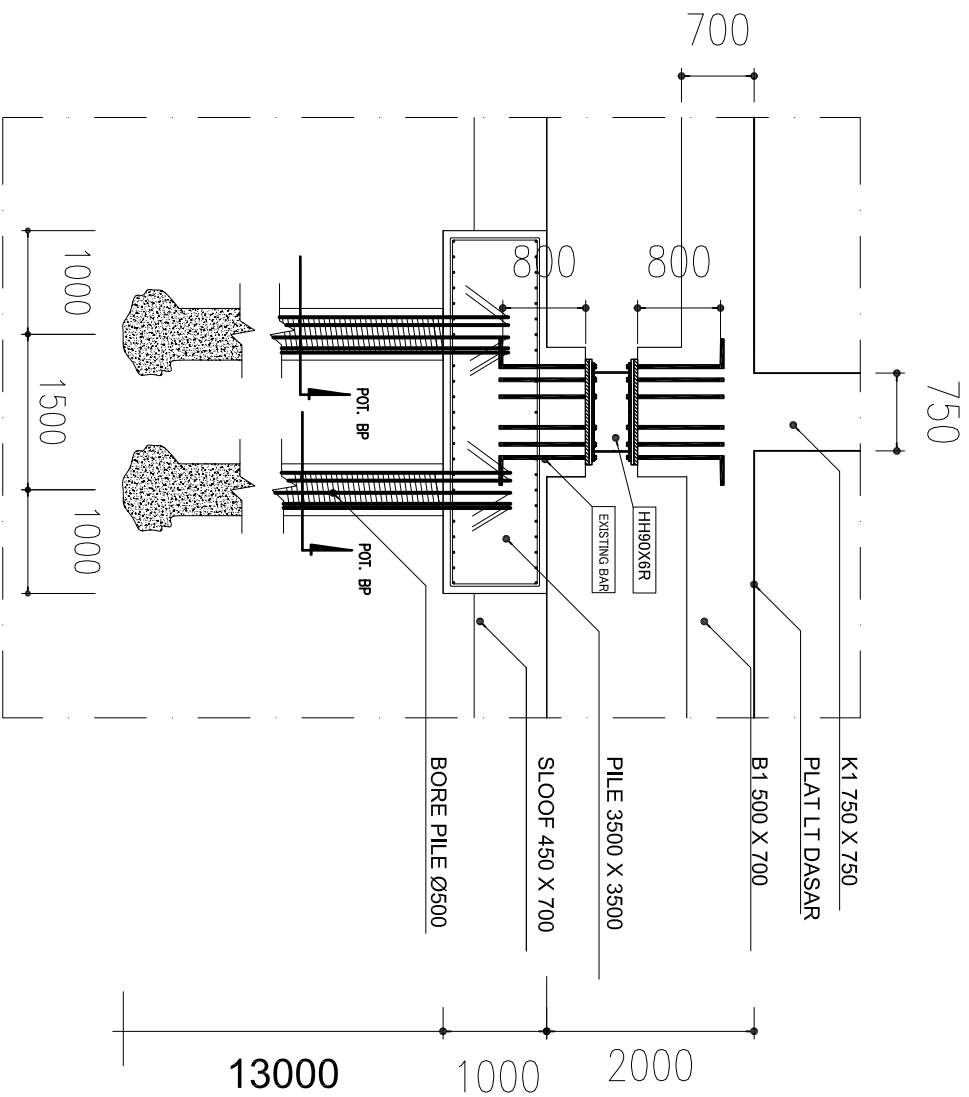
⊕ **PROPERIES NH90X6R**
SKALA 1:25



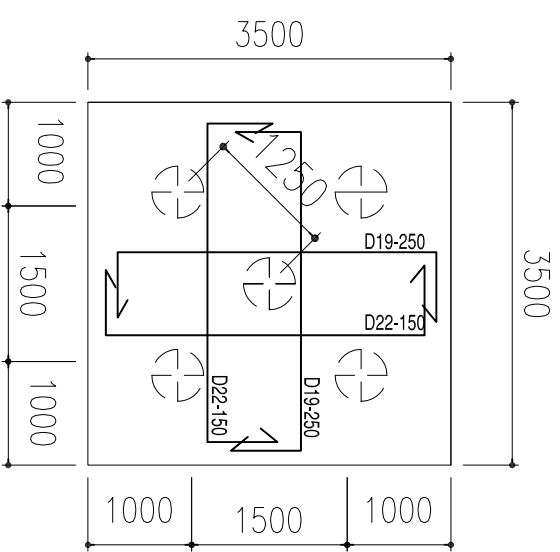
⊕ **PROPERIES NH75X6R**
SKALA 1:25

JUDUL TUGAS	JUDUL GAMBAR	SKALA	ND. LEMBAR	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA/NRP MAHASISWA
PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG BEST WESTERN DI HOTEL PADANG SUMATRA BARAT, DENGAN MENGGUNAKAN BASE ISOLATION HIGH DUMPING RUBBER BEARING (HDRB)"			24	DATA IRANATA, ST. MT. PhD NIP. 1980043020050110022	ABID FARKHAN NRP. 3115105057
			JMLH LEMBAR		

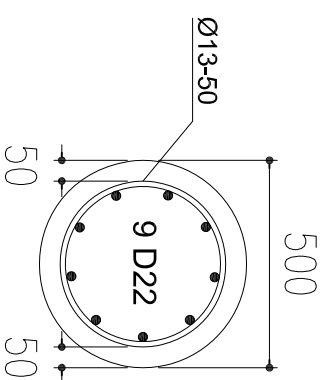




POT. PONDASI P1 (INTERIOR)
SKALA 1:100

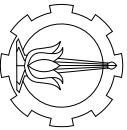


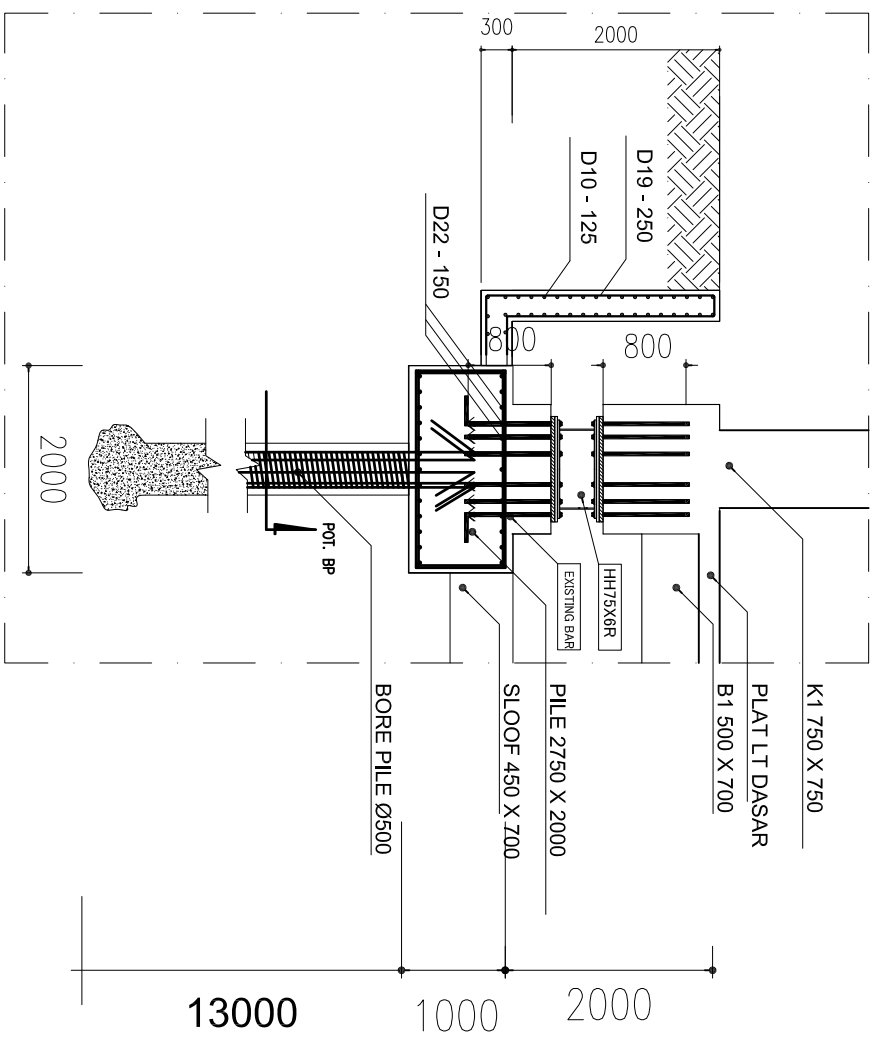
PONDASI P1 (INTERIOR)
SKALA 1:100



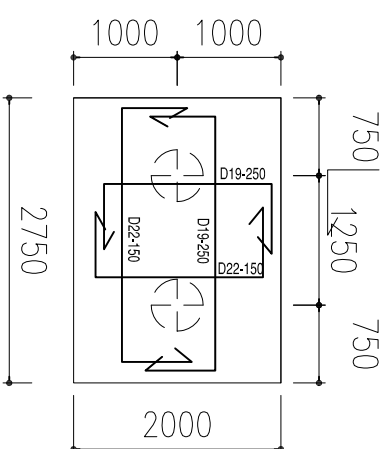
POTONGAN BP
SKALA 1:100

JUDUL TUGAS	JUDUL GAMBAR	SKALA	ND. LEMBAR	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA/NRP MAHASISWA
PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG BEST WESTERN DJ HOTEL PADANG SUMATRA BARAT, DENGAN MENGGUNAKAN BASE ISOLATION HIGH DUMPING RUBBER BEARING (HDRB)			25	DATA IRANATA, ST. MT. PhD NIP. 1980043020050110022	ABID FARKHAN NRP. 3115105057

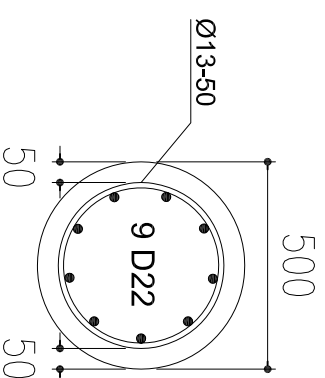




POT. PONDASI P2 (EKTERIOR)
SKALA 1:100



PONDASI P2 (EKSTERIOR)
SKALA 1:100



POTONGAN BP
SKALA 1:100

JUDUL TUGAS	JUDUL GAMBAR	SKALA	NO. LEMBAR	NAMA DOSEN PEMBIMBING	NAMA/NRP MAHASISWA
PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG BEST WESTERN DJ HOTEL PADANG SUMATRA BARAT, DENGAN MENGGUNAKAN BASE ISOLATION HIGH DUMPING RUBBER BEARING (HDRB)			26	DATA IRANATA, ST. MT. PhD NIP. 1980043020050110022	ABID FARKHAN NRP. 3115105057

